

## **Ең үздік қолжетімді техникалар бойынша «Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отын жағу» анықтамалығын бекіту туралы**

Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2024 жылғы 23 қаңтардағы № 23 қаулысы

Қазақстан Республикасының Экология кодексі 113-бабының 6-тармағына сәйкес Қазақстан Республикасының Үкіметі **ҚАУЛЫ ЕТЕДІ:**

1. Қоса беріліп отырған ең үздік қолжетімді техникалар бойынша «Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отын жағу» анықтамалығы бекітілсін.

2. Осы қаулы қол қойылған күнінен бастап қолданысқа енгізіледі.

**Қазақстан Республикасының**

**Премьер-Министрі**                      **Ә. Смайылов**

Қ а з а қ с т а н

Р е с п у б л и к а с ы

Ү к і м е т і н і ң

2 0 2 3

ж ы л ғ ы

2 3

қ а ң т а р д а ғ ы

№

2 3

қ а у л ы с ы м е н

бекітілген

## **Ең үздік қолжетімді технологиялар бойынша «Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отын жағу» анықтамалығы**

### **Мазмұны**

Мазмұны

Суреттер тізімі

Кестелер тізбесі

Глоссарий

Алғысөз

Қолданылу саласы

Қолданылу қағидаттары

1. Жалпы ақпарат

1.1. Электр энергетикасының құрылымы мен технологиялық деңгейі

1.1.1. Отын түрлері бойынша энергия көздерінің құрылымы

1.1.2. Пайдалану мерзімі бойынша дереккөздердің құрылымы.

1.1.3. Географиялық тиесілігі бойынша объектілер

1.1.4. Өндірістік қуаттары бойынша объектілер

1.1.5. Шығарылатын энергия тәсілдері бойынша объектілер

- 1.2. Қазақстанның отын базасы
  - 1.2.1. Мұнай-газ ресурстары
  - 1.2.2. Көмір ресурстары
  - 1.3. Техникалық-экономикалық сипаттамалары
  - 1.4. Электр энергетикасы саласының энергия сыйымдылығы
    - 1.5. Негізгі экологиялық проблемалар
      - 1.5.1. Энергия тиімділігі
      - 1.5.2. Атмосфераға шығарындылар
        - 1.5.2.1. Күкірт оксиді (SOX)
        - 1.5.2.2. Азот оксиді (NOX)
        - 1.5.2.3. Шаң
        - 1.5.2.4. Металдар
        - 1.5.2.5. Көміртек тотығы (CO)
        - 1.5.2.6. Парниктік газдар
        - 1.5.2.7. Сутегі хлориді (HCl)
        - 1.5.2.8. Сутегі фториді (HF)
        - 1.5.2.9. Аммиак (NH<sub>3</sub>)
        - 1.5.2.10. Ұшпа органикалық қосылыстар (ҰОҚ)
        - 1.5.2.11. Тұрақты органикалық ластағыштар (POP): полициклді хош иісті көмірсутектер( PAH), диоксиндер мен фурандар
      - 1.5.3. Су объектілеріне төгінділер
        - 1.5.4. Жағылған қалдық өнімдер
      - 1.5.5. Шу және діріл
        - 1.5.6. Радиоактивті заттардың шығарындылары
    - 1.6. Қоршаған ортаға әсерді төмендету
      - 1.7. Ірі отын жағатын қондырғылар секторы үшін нақты қондырғылар бойынша деректер жинау
      - 1.8. Жалпы қоршаған ортаны қорғаудың кешенді тәсіліне кіріспе
  2. Ең үздік қолжетімді техникаларды анықтау әдіснамасы
    - 2.1. Детерминация, іріктеу қағидаттары
    - 2.2. Техникаларды ең үздік қолжетімді техникаға жатқызу өлшемшарттары
      3. Қолданылатын процестер: қазіргі уақытта пайдаланылатын технологиялық, техникалық шешімдер
        - 3.1. Конденсациялық бу турбиналық қондырғы
        - 3.2. Когенерация - электр және жылу энергиясын аралас өндіру
          - 3.2.1. Газ турбиналарын, БГҚ қолдана отырып когенерациялау
          - 3.3. Газ-турбиналық қондырғылар (ГТҚ)
        - 3.4. Аралас циклдар
        - 3.5. Отынды газдандыратын қондырғылар

- 3.6. Жүктеме факторлары мен режимдердің экологиялық көрсеткіштерге әсері
  - 3.7. Пайдаланудың өтпелі шарттары (іске қосу-тоқтату)
- 3.8. Отын мен қоспаларды түсіру, сақтау және олармен жұмыс істеу
  - 3.8.1. Қатты қазба отын және қоспалар
  - 3.8.2. Сұйық отын
  - 3.8.3. Газ тәрізді отын
- 3.9. Майларды түсіру, сақтау және тазалау
  - 3.9.1. Отын жағу қондырғыларында қолданылатын майлармен жұмыс істеу технологиялары
  - 3.9.2. Май шаруашылықтарының қоршаған ортаға әсері
    - 3.9.3. Пайдаланылған майларды жинау және кәдеге жарату
- 3.10. Салқындату жүйелері
  - 3.10.1. Салқындату жүйелерінің жіктелуі
- 4. Эмиссиялар мен ресурстарды тұтынуды болғызбауға және/немесе азайтуға арналған арналған жалпы ең қолжетімді техникалар
  - 4.1. Атмосфералық ауаға шығаруға болғызбауға және / немесе азайтуға арналған техникалар
    - 4.1.1. Шаң шығарындыларын болғызбау және / немесе азайту техникалары
      - 4.1.1.1. Электр сүзгісі
      - 4.1.1.2. Жылжымалы электродтары бар электр сүзгілері
      - 4.1.1.3. Матадан тігілген (қапшық) сүзгілер
      - 4.1.1.4. Эмульгаторлар
    - 4.1.2. Күкірт диоксиді шығарындыларын болғызбау немесе азайту техникалары
      - 4.1.2.1. Көмірді жаққанға дейін күкірттен тазарту
      - 4.1.2.2. Күкірті аз отынды пайдалану
        - 4.1.2.3. Жағу кезінде SO<sub>2</sub> эмиссиясының азаюы
      - 4.1.2.4. Отыны бар оттыққа сорбенттерді беру арқылы SO<sub>2</sub> тұтып қалу
        - 4.1.2.5. Қатты отынды жағу процесінде қайнаған қабаттағы SO<sub>2</sub> тұтып қалу
      - 4.1.2.6. O<sub>2</sub> тұтып қалудың ылғалды циклді емес әктасты (әкті) әдісі
        - 4.1.2.7. O<sub>2</sub> тұтып қалудың ылғалды циклді әдістері
      - 4.1.2.8. SO<sub>2</sub> тұтып қалудың циклді магнезитті әдісі
        - 4.1.2.9. SO<sub>2</sub> тұтып қалудың аммиакты циклді әдісі
      - 4.1.2.10. SO<sub>2</sub> тұтып қалудың жеңілдетілген ылғалды-құрғақ техникасы
        - 4.1.2.11. «Лифак» түтін газдарын күкіртсіздендірудің жартылай құрғақ әдісі
      - 4.1.2.12. Айналымдағы инертті массасы бар күкірттен тазарту технологиясы
        - 4.1.2.13. NID технологиясы бойынша жартылай құрғақ күкірттен тазарту технологиясы
    - 4.1.3. Қатты отынды жағу кезінде NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау және/немесе азайту техникалары

- 4.1.3.1. Артық ауаны бақылап азайту
- 4.1.3.2. Стехиометриялық емес жағу.
- 4.1.3.3. Қазандықты реконструкцияламай жеңілдетілген екі сатылы жағу
- NOx шығарындыларын азайту.
- 4.1.3.4. Төмен эмиссиялық жанарғыларды (LNB) қолдану
- 4.1.3.5. Қазандықтарды реконструкциялау арқылы екі сатылы (ауаны кезеңді беру) жағу
- 4.1.3.6. Үш сатылы жағу
- 4.1.3.7. Концентрлі жағу
- 4.1.3.8. Шаңды алдын ала қыздыратын жанарғылар
- 4.1.3.9. Түтін газының қайта айналымы
- 4.1.3.10. Жоғары концентрациядағы шаңды (ЖКШ) беру
- 4.1.3.11. Көпіршікті және айналмалы қайнаған қабатта қатты отынды жағу
- 4.1.3.12. Селективті каталитикалық емес қалпына келтіру (СКЕК)
- 4.1.3.13. Селективті каталитикалық қалпына келтіру (СКК)
- 4.1.4. NOx және SOx шығарындыларын болғызбаудың және/немесе азайтудың аралас техникалары
  - 4.1.4.1. Ылғалды озон-аммоний әдістері
  - 4.1.4.2. Ылғалды аммоний-карбамид әдістері
    - 4.1.4.3. Түтін газдарын күкірт және азот оксидтерінен бір мезгілде тазартудың электронды-сәулелік (радиациялық-химиялық) әдісі
- 4.1.5. CO шығарындыларын және жанбаған көмірсутектерді азайту техникалары
  - 4.1.6. Металл шығарындыларын болғызбау және/немесе азайту техникалары
- 4.2. Суды тұтыну және суға шығарындыларды азайту әдістері
  - 4.2.1. Суды тұтыну және сарқынды сулардың сипаттамасы
  - 4.2.2. Сарқынды сулардың сипаттамасы
    - 4.2.2.1. ЖЭС салқындату жүйелерінің сарқынды сулары
      - 4.2.2.1.1. Тікелей ағынды салқындату жүйелерінің сарқынды сулары
      - 4.2.2.1.2. Айналмалы салқындату жүйелерінің сарқынды сулары
    - 4.2.2.2. Су дайындау (СДҚ) және конденсат тазалау қондырғыларының (КТҚ) сарқынды сулары
      - 4.2.2.3. Бу қазандықтары мен жылу желісінің қосымша суын дайындау технологиясы
      - 4.2.2.4. Суды алдын ала тазарту қондырғыларының сарқынды сулары
      - 4.2.2.5. Химиялық тұзсыздандырудың, блоктық тұзсыздандыру қондырғыларының мен конденсатты тазалағыштардың сарқынды сулары
      - 4.2.2.6. Мұнай өнімдерімен ластанған сарқынды сулар
      - 4.2.2.7. Жабдықты химиялық тазартудан және консервациялаудан шыққан төгінді сулар



- 4.2.2.8. Қазандықтардың сыртқы қыздырылатын беттерін шаятын сулар
  - 4.2.2.9. Қатты отынмен жұмыс істейтін электр станцияларының гидро күл-қож шығару (ГКШ) жүйелерінің сарқынды сулары
  - 4.2.2.10. Түтін газдарын тазарту жүйелерінен шыққан сарқынды сулар
    - 4.2.2.11. ЖЭС-тің отын цехтарын және басқа да үй-жайларын сумен жинағаннан кейінгі сулар
    - 4.2.2.12. Жер үсті нөсер суы және еріген қар сулары
    - 4.2.2.13. Тұрмыстық сарқынды сулар
- 4.2.3. Сарқынды сулар құрамының нормаланатын және бақыланатын көрсеткіштерінің тізбесі
  - 4.2.4. Су объектілеріне сарқынды сулардың төгілуін болғызбау және/немесе азайту техникалары
    - 4.2.4.1. Су объектілеріне сарқынды суларды төге отырып түтін газдарын ылғалды күкіртсіздендіру жүйесімен жабдықталған қондырғылар үшін қарастыруға жататын техникалар
- 4.3. Жердің/топырақтың ластануын бақылау және қалдықтарды басқару техникасы
- 4.4. Шудың әсер ету деңгейін төмендету әдістері
  - 4.4.1. Шудың әсері
  - 4.4.2. Шу әсерін азайту техникалары
    - 4.4.2.1. Жабдықтарды және ғимараттарды орналастыруды стратегиялық жоспарлау
    - 4.4.2.2. Бастапқы техникалар: шу көзіндегі шуды азайту
      - 4.4.2.3. Шуды азайтудың қайталама әдістері
      - 4.4.2.4. ЖЭС-тегі шуды азайтуға арналған ЕҚТ
- 4.5. Экологиялық менеджмент жүйесі
- 4.6. Отын сапасын бақылау, әртүрлі отын түрлеріне арналған бақылау параметрлері
  - 4.6.1. Отын сапасын бақылау
  - 4.6.2. Отын сапасын бақылауды ұйымдастыру. Бақыланатын параметрлер
    - 4.6.3. Отынды таңдау немесе ауыстыру
- 4.7. Атмосфералық ауаға шығарындылар мониторингі
  - 4.7.1. Эмиссиялар мониторингі мен бақылаудың жалпы қағидаттары
  - 4.7.2. Мониторинг компоненттері
  - 4.7.3. Бастапқы шарттар мен параметрлер
    - 4.7.4. Сынамаларды іріктеу орындары
  - 4.7.5. Шығарындылар мониторингі
    - 4.7.6. Кезеңдік мониторинг
    - 4.7.7. Үздіксіз мониторинг. Сынамаларды іріктеу орындары
      - 4.7.8. Жанама параметрлерді қолдана отырып есептік мониторингі
- 4.8. Су пайдалану және су объектілеріне төгінділер мониторингі
  - 4.8.1. Су пайдалану көлемін бақылау

- 4.8.2. Сарқынды сулар сапасын бақылау
  - 4.8.3. Жерасты суларына әсер етуді бақылау
- 4.9. Жердің/топырақтың ластануын бақылау және қалдықтарды басқару әдістері
  - 4.9.1. Қалдықтарды басқару техникалары
  - 4.9.2. Жердің/топырақтың ластануын бақылау әдістері
  - 4.10. ҚЭР (қайталама энергетикалық ресурстарды) кәдеге жарату техникалары және энергия тиімділігін арттырудың басқа да техникалары. Кәсіпорынның энергия сыйымдылығын бағалау
- 5. Ең үздік қолжетімді техникаларды таңдау кезінде қарастырылатын техникалар
  - 5.1. Қатты отынды жағу қондырғысы
    - 5.1.1. Қондырғының ерекшеліктері
      - 5.1.1.1. Қабаттап жағу
      - 5.1.1.2. Алаулық (көміртозаңды) жағу
    - 5.1.2. Қондырғының тиімділігі
    - 5.1.3. Ластағыш заттар шығарындыларының сипаттамасы
      - 5.1.3.1. Қондырғыда пайдаланылатын тас және қоңыр көмір
      - 5.1.3.2. Тас және қоңыр көмірмен жұмыс істейтін жағу қондырғыларының энергия тиімділігі
      - 5.1.3.3. Көмірді жағу кезінде атмосфераға ағымдағы шығарындылар
    - 5.1.4. Ең үздік қолжетімді технологиялар. Ықтимал әдістер
      - 5.1.4.1. Қатты отынды түсіру, сақтау және қайта өңдеу кезіндегі техникалар
      - 5.1.4.2. Майлармен жұмыс істеу техникалары
      - 5.1.4.3. Күкірт диоксиді эмиссиясын азайту бойынша ЕҚТ
      - 5.1.4.5. Азот оксидтерінің эмиссиясын азайту бойынша ЕҚТ
    - 5.1.5. Күл-қожбен жұмыс істеу
      - 5.1.5.1. Ішкі қожды кетіру
      - 5.1.5.2. Ішкі күлді кетіру
      - 5.1.5.3. Құрғақ күлді жинау және жөнелту
      - 5.1.5.4. Күл-қождың сыртқы транспорты
      - 5.1.5.5. Күл үйінділері
      - 5.1.5.6. Күл-қожды пайдалану тәсілдері
  - 5.2. Сұйық отынды жағу қондырғылары
    - 5.2.1. Қондырғының ерекшеліктері
    - 5.2.2. Қондырғының тиімділігі
    - 5.2.3. Ластағыш заттар шығарындыларының сипаттамасы
    - 5.2.4. Сұйық отынды жағу кезіндегі ЕҚТ. Ықтимал техникалар
  - 5.3. Газ жағу қондырғылары
    - 5.3.1. Қондырғының ерекшеліктері
    - 5.3.2. Қондырғының тиімділігі

- 5.3.3. Ластағыш заттар шығарындыларының сипаттамасы
  - 5.3.4. Ең үздік қолжетімді әдістер. Ықтимал әдістер
- 5.4. Отынды аралас жағу қондырғылары
  - 5.4.1. Қондырғылардың сипаттамасы
  - 5.4.2. Биомассамен аралас жағу
  - 5.4.3. Қондырғының тиімділігі
- 5.5. Қалдықтарды жағу
  - 5.5.1. Қолданылатын процестер мен техникалар
- 5.6. Энергия тиімділігін арттырытын ықтимал техникалар
  - 6. Ең үздік қолжетімді техникалар бойынша тұжырымдасы бар қорытындылар
- 6.1. ЕҚТ бойынша жалпы қорытындылар
  - 6.1.1. Экологиялық менеджмент жүйелері (ЭМЖ)
  - 6.1.2. Мониторинг
  - 6.1.3. Жалпы экологиялық сипаттамалар және шекті индикаторлар
  - 6.1.4. Энергия тиімділігі
  - 6.1.5. Су тұтыну және сарқынды сулар
  - 6.1.6. Қалдықтарды басқару
  - 6.1.7. Шу шығару
- 6.2. Қатты отынды жағуға арналған ЕҚТ бойынша қорытындылар
  - 6.2.1. Жалпы экологиялық көрсеткіштер
  - 6.2.2. Энергия тиімділігі
  - 6.2.3. Ауаға NO<sub>x</sub> және СО шығарындылары
  - 6.2.4. SO<sub>2</sub> ауаға шығарындылары
  - 6.2.5. Ауаға шаң шығарындылары
- 6.3. Сұйық отынды жағуға арналған ЕҚТ қорытындысы
  - 6.3.1. Сұйық отынмен жұмыс істейтін қазандықтар
    - 6.3.1.1. Энергия тиімділігі
    - 6.3.1.2. Ауаға NO<sub>x</sub>, аО<sub>x</sub> және СО шығарындылары
    - 6.3.1.3. SO<sub>2</sub> ауаға шығарындылары
    - 6.3.1.4. Ауаға шаң мен байланысқан металл бөлшектерінің шығарындылары
  - 6.3.2. Сұйық отынмен жұмыс істейтін қозғалтқыштар
    - 6.3.2.1. Энергия тиімділігі
    - 6.3.2.2. Поршеньді қозғалтқыштардан ауаға NO<sub>x</sub> және СО шығарындылары
    - 6.3.2.3. Поршеньді қозғалтқыштардан ауаға аО<sub>x</sub> шығарындылары
    - 6.3.2.4. Поршеньді қозғалтқыштардан ауаға шаң мен байланысқан металл бөлшектерінің шығарындылары
  - 6.3.3. Сұйық отындағы газ турбиналары
    - 6.3.3.1. Энергия тиімділігі
    - 6.3.3.2. Ауаға NO<sub>x</sub> және СО шығарындылары

- 6.3.3.3. Сұйық отындағы газ турбиналарынан ауаға аОх шығарындылары
  - 6.4. Газ тәрізді отынды жағуға арналған еҚТ қорытындысы
    - 6.4.1. Табиғи газды жағуға арналған ЕҚТ бойынша қорытындылар
      - 6.4.1.1. Энергия тиімділігі
      - 6.4.1.2. Ауаға NOX, CO, метан емес қосылыстар (ҰМОҚ) және CH4 шығарындылары
    - 6.5. Металлургия өндірісі мен химия саласындағы технологиялық газдарды жағуға арналған ЕҚТ бойынша қорытынды
      - 6.5.1. Энергия тиімділігі
      - 6.5.2. Ауаға NOx және CO шығарындылары
    - 6.6. Теңіз платформаларында отын жағатын қондырғыларға арналған ЕҚТ бойынша қорытындылар
      - 6.7. Көп отынды жағуға арналған ЕҚТ қорытындысы
    - 6.8. Қалдықтарды жағуға арналған ЕҚТ қорытындысы
      - 6.8.1. Жалпы экологиялық көрсеткіштер
      - 6.8.2. Энергия тиімділігі
      - 6.8.3. Ауаға NOX және CO шығарындылары
      - 6.8.4. SOX ауаға шығарындылары
      - 6.8.5. Ауаға шаң мен байланысты металл бөлшектерінің шығарындылары
      - 6.8.6. Сынаптың ауаға шығарындылары
    - 6.9. Газдандыруға арналған ЕҚТ қорытындысы
      - 6.9.1. Энергия тиімділігі
      - 6.9.2. Ауаға NOX және CO шығарындылары
      - 6.9.3. SOx ауаға шығарындылары
      - 6.9.4. Ауаға шаң, байланысқан металл, аммиак және галоген бөлшектерінің шығарындылары
    - 6.10. Техникалардың сипаттамасы
      - 6.10.1. Негізгі техникалар
      - 6.10.2. Энергия тиімділігін арттыру техникалары
      - 6.10.3. Ауаға NOx және/немесе CO шығарындыларын азайту техникалары
      - 6.10.4. Ауаға SOx шығарындыларын азайту техникалары
      - 6.10.5. Отынмен жұмыс істеу кезінде (түсіру, тасымалдау, сақтау) қоршаған ортаға әсерін төмендету техникалары
      - 6.10.6. Су объектілеріне төгінділерді азайту техникалары
      - 6.10.7. Отынмен жұмыс істеу техникалары
- 7. Перспективалы техникалар
  - 7.1. Базалық және баламалы энергетиканы үйлестіру жолдары
  - 7.2. Орталықтандырылмаған энергиямен жабдықтау орны
  - 7.3. ЕҚТ болуы ықтимал ҒЗТКЖ сатысындағы тәсілдер/техникалар
    - 7.3.1. Будың супер шектен асқан қысым параметрлері (СШАҚП)

- 7.3.2. Қатты отынды газдандыру
- 7.3.3. Айналымды қайнаған қабаты бар (АҚК) қазандықтарда отынды жағу
- 7.3.4. Оттегі ортасында жағу
- 7.3.5. Аммиакты-сульфатты күкірттен тазарту қондырғысы
- 7.3.6. Екібастұз көмірін жағатын көміртозанды қазандықтарға арналған аралас күлтұтқыш
- 7.3.7. Шығыршықты оттығы бар қазандық
- 7.3.8. Күрделі циклді газ турбиналарын қолдану
- 7.3.9. Көмірді төмен температуралы құйынды жағу
- 7.3.10. ГТҚ компрессорына кіре берістегі ауаны салқындату жүйесі
- 7.3.11. ГТҚ-ға арналған микроалаулы отын жағатын құрылғылар
- 8. Қосымша түсініктемелер мен ұсынымдар
- 8.1. Жалпы ережелер
- 8.2. Ұсынымдар

## Библиография

## Суреттер тізімі

- 1.1-сурет Қазақстанның генерациялайтын қуаттарының құрылымы
- 1.2-сурет Электр станцияларының типі бойынша Қазақстан Республикасының ЖЭС белгіленген қуатының құрылымы
- 1.3-сурет Пайдаланылатын көмір бойынша генерациялайтын қуаттарды бөлу
- 1.4-сурет Жасына қарай Қазақстан Республикасының генераторлық қуаттарының құрылымы
- 1.5-сурет Блоктық ЖЭС генерациялайтын жабдығының орташа істеген жұмысы
- 1.6-сурет Бу қысымы 130 кг/см<sup>2</sup> турбоагрегаттардың орташа істеген жұмысы
- 1.7-сурет Бу қысымы 90 кг/см<sup>2</sup> турбоагрегаттардың орташа істеген жұмысы
- 1.8-сурет Жылу электр станцияларының облыстар бойынша электр энергиясын өндіру үлесі
- 1.9-сурет ҚР-да электр энергиясын өндіру және тұтыну
- 1.10-сурет Энергия өндіру технологиясы бойынша Қазақстанның ЖЭС құрылымы
- 1.11-сурет КЭС электрлік ПӘК 1,2 - 500 МВт көмір блоктары; 8 - 300 Вт көмір блоктары; 15, 18 - 200 МВт газ-мазут блоктары
- 1.12-сурет 13,8 МПа КА ЖЭС ОПК 4, 5, 6, 9, 10, 11 - БҚЗ-420-140; 12 - БҚЗ-320-140; 14 - ТММ-96Б; 26-ТММЕ-464
- 1.13-сурет 13,8 МПа КА ЖЭС ОПК 3 - ПК-10П-2; 7 - ТП-46А, БҚЗ-220-100; 16 - ТП-10, ТП-13Б, БҚЗ-220-100; 20 - БҚЗ-160-100; 21 - БҚЗ-160-100, БҚЗ-190-100, БҚЗ-220-100; 22 - ТКЗ-150, ПК-10п-2; 24 - БҚЗ-160-100
- 1.14-сурет Қазақстан Республикасының электр станцияларының 2010-2019 жылдардағы отын шығыны, мың т
- 1.15-сурет 2019 жылы ЖЭС-тің шартты отын шығыны, мың шот (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)
- 1.16-сурет 500 және 300 МВт көміртозанды блоктары бар КЭС электр энергиясын жіберу бойынша ШОМШ, г/кВтс (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)
- 1.17-сурет 200 МВт газ-мазутты блоктары бар КЭС электр энергиясын жіберу бойынша ШОМШ, г /кВтс (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)

1.18-сурет	Е-420-140 типті ҚА бар көмір ЖЭО электр энергиясын жіберуі бойынша ШОМШ (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)
1.19-сурет	Е-220-140 және Е-160-100 типті ҚА бар көмір ЖЭО электр энергиясын жіберуі бойынша ШОМШ (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)
1.20-сурет	ЖЭО жылу энергиясын жіберу бойынша ШОМШ (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)
1.21-сурет	300 және 500 МВт блоктардың ЖҚ ЭЭ шығыны (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)
1.22-сурет	ЖЭО 13 МПа ЭЭ жіберу бойынша ЖҚ ЭЭ шығыны, % (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)
1.23-сурет	ЖЭО 13 МПа электр энергиясын жіберу бойынша ЖҚ ЭЭ шығыны, % (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)
1.24-сурет	ЖЭО 13 МПа жылу энергиясын жіберу бойынша ЖҚ ЭЭ шығыны, кВтч/Гкал (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)
1.25-сурет	Қазақстан Республикасының электр энергетикасы саласындағы ЖЭС және қазандықтардың отынды тұтынуы, мың шот
1.26-сурет	Электр және жылу энергиясын өндіру үшін ОЭР пайдалану және Қазақстан Республикасында жалпы тұтырудан үлесі
1.27-сурет	2015-2019 жылдардағы ЖІӨ және Қазақстан Республикасының ЖІӨ энергия сыйымдылығының динамикасы
1.28-сурет	2015-2019 жылдардағы Қазақстан Республикасының электр энергетикасы саласындағы ЖТӨ және ЖТӨ энергия сыйымдылығының динамикасы
1.29-сурет	300 және 500 МВт көмір блоктары бар КЭС энергия сыйымдылығы, шот/млн теңге
1.30-сурет	140 кг/см <sup>2</sup> көмір ЖЭО энергия сыйымдылығы, шот/млн теңге
1.31-сурет	ШАҚ көмір КЭС электр энергиясын жіберу бойынша ЖҚ электр энергиясының шығыны, 140 кг/см <sup>2</sup> қысымды газбен жұмыс істейтін 200 МВт блогы, %
1.32-сурет	140 кг/см <sup>2</sup> көмір ЖЭО электр энергиясын жіберу бойынша ЖҚ электр энергиясының шығыны, %
1.33-сурет	140 кг/см <sup>2</sup> көмір ЖЭО жылу энергиясын жіберу бойынша ЖҚ электр энергиясының шығыны, кВтч/Гкал
1.34-сурет	Отын жағатын қондырғының жалпы схемасы
1.35-сурет	ПӘК (нетто) байланысты СО <sub>2</sub> , г/кВтс шығарындылары, %
1.36-сурет	Отын жағатын қондырғылардың қуаты мен отын түрі бойынша құрылымы
1.37-сурет	Қазақстан Республикасы бойынша жалпы шығарындылардың құрылымы
1.38-сурет	Салалық шығарындылардың өзгеру динамикасы
1.39-сурет	Энергиямен жабдықтау аймақтары бойынша шығарындылардың құрылымы
1.40-сурет	Қазақстан Республикасының стационарлық көздерінен атмосфераға SO <sub>2</sub> шығарындылары
1.41-сурет	Қазақстан Республикасының стационарлық көздерінен атмосфераға NO <sub>x</sub> шығарындылары, 2018 жыл
1.42-сурет	Қазақстан Республикасының стационарлық көздерінен атмосфераға шаң шығарындылары, 2018 жыл
1.43-сурет	Қазақстан Республикасының стационарлық көздерінен атмосфераға ұсақ дисперсті бөлшектер шығарындылары, 2018 жыл
1.44-сурет	2018 жылы Қазақстан Республикасында атмосфераға СО шығарындылары
1.45-сурет	Атмосфераға СО <sub>2</sub> шығарындыларының өзгеру динамикасы
1.46-сурет	ЖЭС-тің су алу (құйып алу) көлемі
1.47-сурет	Суды пайдалану құрылымы
1.48-сурет	Су бұру

1.49-сурет	Су объектілеріне төгінділердің құрамындағы ластағыш заттардың құрылымы
1.50-сурет	Толық жүктемесі 6 000 сағат болған кезде қуаты 450 МВт электр станциясында КҚК-ның жыл сайынғы жиналуы (КҚК-ның жалпы жиналуы 187000 тонна)
2.1-сурет	ЕҚТ таңдау процесінің блок-схемасы
3.1-сурет	КЭС негізгі схемасы
3.2-сурет	Сыртқы салқындатудан жылуды жоғалту
3.3-сурет	ЖЭО негізгі жылу схемасы
3.4-сурет	Бу-газды қондырғы схемасы
3.5-сурет	Қарапайым ГТК негізгі схемасы
3.6-сурет	Газ турбинасына кіретін жердегі газдардың температурасына байланысты ГТК тиімділігінің көрсеткіштері
3.7-сурет	9НА GE газ турбинасының жалпы көрінісі
3.8-сурет	GE фирмасының DLN типті ЖК негізгі схемасы
3.9-сурет	Қарапайым кәдеге жарату бу-газды циклы
3.10-сурет	Бу-газ қондырғыларын мақсаты бойынша жіктеу
3.11-сурет	ГТК-ның пайдаланылған газдарының жылу энергиясын кәдеге жарату тәсілдері бойынша бу-газ қондырғыларын жіктеу
3.12-сурет	Кәдеге жаратқыш қазандықта бу генерациялау процесі бар БГК КЭС қарапайым кәдеге жарату схемасы
3.13-сурет	Кәдеге жарату БГК қуат ағынының диаграммасы
3.14-сурет	Көмірді газдандыру тәсілдері
3.15-сурет	Винклер бойынша жоғары температуралы газдандырудың технологиялық схемасы
3.16-сурет	PRENFLO PSG технологиясының технологиялық схемасы
3.17-сурет	ЦПГ бар БГК циклындағы процестердің блок-схемасы
3.18-сурет	Қатты отынды қабылдау, түсіру және беру схемасы
3.19-сурет	Көмір қоймасын ылғалдандыру
3.20-сурет	Көмір қоймасын қоршау
3.21-сурет	ЖЭС техникалық сумен жабдықтаудың тура ағынды жүйесі
3.22-сурет	Салқындатқыш су қоймасы бар ЖЭС техникалық сумен жабдықтаудың айналым жүйесі
3.23-сурет	Қазақстанда қолданылатын СЖ жіктеуі
3.24-сурет	
4.1-сурет	Күлтұтқыш қондырғыларға шолу
4.2-сурет	Электр сүзгісінің жұмыс істеу қағидаты
4.3-сурет	Стандартты құрғақ электр сүзгісінің жалпы көрінісі
4.4-сурет	Үш қабатты екі секциялы электр сүзгісі
4.5-сурет	Жылжымалы электродтары бар электр сүзгісі
4.6-сурет	Импульстік тазалағышы бар қапшық сүзгісінің схемасы
4.7-сурет	Екінші буынды батарея эмульгаторының схемасы.
4.8-сурет	Шығыршықты эмульгатор
4.9-сурет	ҚӨТ (құрғақ әктасты тазарту) бойынша күкірттен тазартудың негізгі схемасы
4.10-сурет	«Бишофф» фирмасының технологиясы бойынша күкірттұтқыш қондырғының негізгі схемасы
4.11-сурет	Ылғалды күкірттен тазартудың типтік технологиялық желісі
4.12-сурет	Ылғалды күкірттен тазартудың абсорберінің конструкциясы
4.13-сурет	Жеңілдетілген ылғалды-құрғақ әкті күкірттен тазартудың негізгі схемасы

- 4.14-сурет «Лифак» технологиясы бойынша ЖЭС түтін газдарын күкірт диоксидінен құрғақ аддитивті тазарту схемасы
- 4.15-сурет Айналымдағы инертті массасы бар күкірттен тазарту қондырғысының схемасы
- 4.16-сурет Alstom технологиясының NID бойынша жартылай құрғақ күкірт тазартқыштың схемасы
- 4.17-сурет Азот оксидінің түзілу көздерінің схемасы
- 4.18-сурет Азот оксидтері түзілуінің органикалық отынды жағу кезіндегі температураға тәуелділігі
- 4.19-сурет Қатайтылған қоспа түзетін төмен эмиссиялық жанарғы
- 4.20-сурет Сатылы ауа берілетін уыттылығы аз жанарғының алауы
- 4.21-сурет Vortex сериясының Фостер Виллер жанарғысы
- 4.22-сурет Екі сатылы жағу технологиясының схемасы
- 4.23-сурет Үш сатылы жағуды ұйымдастыру схемасы
- 4.24-сурет Концентрлік жағудың негізгі схемасы
- 4.25-сурет Көмірді термохимиялық дайындайтын жанарғы
- 4.26-сурет Қазандықтың оттығына түтін газының қайта айналымының типтік схемасы
- 4.27-сурет Жоғары концентрациядағы шаңды беру схемасы
- 4.28-сурет СКЕК процестерін ұйымдастыру схемасы
- 4.29-сурет Ағынға аммиак суын енгізудің әртүрлі әдістері
- 4.30-сурет Тольятинск ЖЭО қондырғысының негізгі технологиялық схемасы (СКЕК)
- 4.31-сурет СКҚ жүйесі
- 4.32-сурет Ұялы катализатор
- 4.33-сурет Төрт қатарлы катализаторы бар реактор үлгісі
- 4.34-сурет  $\text{NH}_3$  және  $\text{O}_3$  сәйкесінше стехиометриялық арақатынасының үлесіне  $\text{SO}_2$  және  $\text{NO}_x$  тұтып қалу дәрежесінің тәуелділігі
- 4.35-сурет Түтін газдарын күкірт және азот оксидтерінен бір мезгілде тазарту қондырғысының негізгі технологиялық схемасы
- 4.36-сурет ЖЭС түтін газдарын күкірт диоксидінен аммоний-карбамид әдісімен тазартуға арналған қондырғының технологиялық схемасы
- 4.37-сурет ЖЭС түтін газдарын күкірт және азот оксидтерінен электронды-сәулелі тазарту қондырғысының негізгі технологиялық схемасы
- 4.38-сурет Көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларындағы ауыр металдардың массалық теңгерімі
- 4.38-сурет Суды химиялық тұзсыздандыру схемасы
- 4.40-сурет КОҚ қолдана отырып, жылу желісі мен қазандықтарды толықтыруға су дайындау
- 4.41-сурет Мұнай өнімдерімен ластанған сарқынды суларды тазарту қондырғысының схемасы
- 4.42-сурет Аумақтан беткі ағынды тазартумен бірге құрамында мұнайы бар ағындарды тазарту қондырғысының схемасы
- 4.43-сурет Ылғалды күкіртсіздендіру жүйесінің сарқынды суларын тазарту қондырғысы
- 4.44-сурет Сарқынды суларды екі кезеңдік тазарту станциясы
- 4.45-сурет ЭМЖ моделін үздіксіз жетілдіру
- 4.46-сурет Шығатын газдарға қосымша ауа жылытқышты орнату схемасы
- 4.47-сурет Шығатын газдардан қосымша ЖСЖ қосу схемасы
- 5.1-сурет Жану техникасындағы көмірді жағудың негізгі технологиялық схемалары
- 5.2-сурет МАЭСҰ құйынды көміртозаңды жанарғысы
- 5.3-сурет Тура ағынты жанарғылардың негізгі схемасы
- 5.4-сурет Қайнаған қабатта көмірді жағу схемалары (КҚК және АҚК)



5.5-сурет	АҚК қазандығының негізгі технологиялық схемасы
5.6-сурет	«Лурги» жүйесінің АҚК - қазандық агрегатының негізгі схемасы
5.7-сурет	«Пирофлоу» жүйесінің АҚК қазандығының негізгі схемасы
5.8-сурет	Шағын күл сепараторларының схемасы
5.9-сурет	Қуаты 460 МВт АҚК бар энергия блогы
5.10-сурет	«Циркофлюид» схемасы бойынша АҚК бар қазандық
5.11-сурет	«Бабкок-Вилкокс» АҚК қазандығының негізгі схемасы
5.12-сурет	$A_{пр} > 2,5 \text{ \% кг/МДж}$ , $QA < 100 \text{ МВт}$ кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары
5.13-сурет	$A_{пр}$ кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары
5.14-сурет	Азот диоксидінің ( $NO_x$ ) үлестік шығарындылары, $QA < 100 \text{ МВт}$
5.15-сурет	Күкірт қостотығының ( $SO_2$ ) үлестік шығарындылары, $QA < 100 \text{ МВт}$
5.16-сурет	Көміртегі тотығының ( $CO$ ) үлестік шығарындылары, $QA < 100 \text{ МВт}$
5.17-сурет	$A_{пр} > 2,5 \text{ \% кг/МДж}$ , $QA 100-300 \text{ МВт}$ кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары
5.18-сурет	$A_{пр}$ кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары
5.19-сурет	Азот диоксидінің ( $NO_x$ ) үлестік шығарындылары, $QA 100-300 \text{ МВт}$
5.20-сурет	Күкірт қостотығының ( $SO_2$ ) үлестік шығарындылары, $QA 100-300 \text{ МВт}$
5.21-сурет	Көміртегі тотығының ( $CO$ ) үлестік шығарындылары, $QA 100-300 \text{ МВт}$
5.22-сурет	$A_{пр} > 2,5 \text{ \% кг/МДж}$ , $QA 300-1000 \text{ МВт}$ электр сүзгілердің артындағы шаңның үлестік шығарындылары
5.23-сурет	$A_{пр} > 2,5 \text{ \% кг/МДж}$ кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары
5.24-сурет	$A_{пр}$ кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары
5.25-сурет	Азот диоксидінің ( $NO_x$ ) үлестік шығарындылары
5.26-сурет	Күкірт қостотығының ( $SO_2$ ) үлестік шығарындылары
5.27-сурет	Көміртегі тотығының ( $CO$ ) үлестік шығарындылары
5.28-сурет	
5.29-сурет	Азот диоксидінің ( $NO_x$ ) үлестік шығарындылары
5.30-сурет	Күкірт қостотығының ( $SO_2$ ) үлестік шығарындылары
5.31-сурет	ҚКҚ-нан құрғақ күлді және қазандықтардың астындағы қожды тұтынушыларға тиіп-жөнелтуі бар ҚКҚ аралас жүйесінің блок-схемасы
5.32-сурет	КҚУ пайдалана отырып, құрылыс бұйымдарын жасау зауыттары
5.33-сурет	Механикалық бүріккіш
5.34-сурет	Бу-механикалық мазутты бүріккіш
5.35-сурет	ТГМ-84 қазандықтарында мазут пен СМЭ жағу кезіндегі ЛЗ концентрациясы
5.36-сурет	Екі сатылы жағу схемасы
5.37-сурет	Үш сатылы жағу схемасы
5.38-сурет	ТГМ-96Б қазандықтарында азот тотықтарын басу әдістерін кешенді қолдану нәтижелері
5.39-сурет	СМЭ дайындаудың аралас схемасы
5.40-сурет	Қоспаны беру схемасы

5.41-сурет	СКЕК схемасы
5.42-сурет	Күкірт тотықтаран ылғалды әкпен тазарту схемасы
5.43-сурет	Аммиак-сульфатты күкірттен тазарту схемасы
5.44-сурет	Түтін газдарының конденсаторын қосу схемасы
5.45-сурет	SGT5 - 9000HL энергия блогының қуатты газ турбины
5.46-сурет	Ресейде салынған жаңа бу-газ станциясы
5.47-сурет	ҚКҚ термиялық қайта өңдеу кәсіпорнының құрылымы
5.48-сурет	Edinburgh, UK Hitachi Zosen Inova жылжымалы торында тікелей жағу арқылы ҚКҚ термиялық қайта өңдеу кәсіпорнының схемалық көрінісі
5.49-сурет	Стационарлық (көпіршікті) қайнаған қабаты бар оттық
5.50-сурет	Lomellina (Италия) кәсіпорнында орнатылған тұрмыстық қалдықтарды жағуға арналған АҚҚ бар қазандық
5.51-сурет	ҚКҚ кәдімгі газдандыру процесінің блок-схемасы
5.52-сурет	Плазмалық энергия көздерін қолдана отырып, ҚКҚ газдандырудың блок-схемасы
5.53-сурет	Пиролиз көмегімен ҚКҚ-ны энергияға термиялық қайта өңдеу жөніндегі кәсіпорынның схемасы
5.54-сурет	Араластырғыш типті ТҚЖ қосатын Парсонс гравитациялық схемасы
5.56-сурет	Жетек қуатының (кВт) қоректік су шығынына байланысты өзгеруі
5.56-сурет	Екі сатылы реттік буландырғыш қондырғының схемасы
5.57-сурет	ЖҚЖ қосудың топтық схемасы
5.58-сурет	ПТ-80-130/13 реконструкциялау схемасы
5.59-сурет	Т-100-130 реконструкциялау схемасы
5.60-сурет	Турбодетандерді қосу схемасы
5.61-сурет	«Пайдаланылған» бу турбинысын қосу схемасы
5.62-сурет	Ұялы тығыздағыштар
5.63-сурет	Ұялы тығыздағыштарды орнату схемасы
5.64-сурет	Гидрофобты жабынмен өңделген сорғы корпусының түрі
5.65-сурет	Градириямен қосылған жылу сорғысының жұмыс схемасы
5.66-сурет	Булану салқындатқышын қосу схемасы
5.67-сурет	Екі сатылы ҮҮК схемасы
6.1-сурет	ЕҚТ көшу кезеңдері бойынша ластағыш заттар шығарындыларын бағалау, мың т/жыл
7.1-сурет	Жапонияда ЖЭС будың бастапқы параметрлерін арттыру тренді
7.2-сурет	БГҚ негізгі схемалары
7.3-сурет	Аммиакты-сульфатты күкірттен тазарту қондырғысының негізгі технологиялық схемасы

## Кестелер тізбесі

1.1-кесте	Пайдаланылған энергия ресурстарының типі бойынша Қазақстан Республикасының электр станцияларының құрылымы
1.2-кесте	Энергетикалық аймақтар мен облыстар бөлігінде отын бойынша ЖЭС құрылымы
1.3-кесте	2015-2019 жылдары ҚР электр станцияларының отын шығыны
1.4-кесте	Қазақстан Республикасының энергетикалық аймақтары бойынша 2018-2019 жылдары электр станциялары мен қазандықтарының отын шығындары, [27]
1.5-кесте	Облыстар бөлігінде ЖЭС орташа істеген жұмысы және парктік ресурсы
1.6-кесте	Қазақстанның энергетикалық аймақтары бойынша электр энергиясын өндіру және тұтыну

1.7-кесте	Облыстар бойынша көмірсутек қорларының үлесі, [2, 3, 25, 32]
1.8-кесте	Қазақстанның негізгі кен орындарындағы көмір қоры, млн т/жыл, [33, 34]
1.9-кесте	Қазақстанның электр энергетикасында пайдаланылатын энергетикалық көмірдің жылу техникалық сипаттамалары
1.10-кесте	Қазақстан Республикасындағы ЖЭС және қазандықтардың 2015-2019 жылдардағы отын шығыны
1.11-кесте	Отын жағатын қондырғылардың қоршаған ортаның әртүрлі компоненттеріне әсері
1.12-кесте	Ірі отын жағу қондырғыларының атмосфераға шығарындылары (2018)
1.13-кесте	Байланысқан отын азоты
1.14-кесте	Қазақстанның көмір бассейндері мен кен орындарындағы қоспа-элементтердің орташа құрамы, г/т
1.15-кесте	Жер үсті су объектілеріне су бұру
1.16-кесте	Отын жағатын қондырғылар жұмысының нәтижесінде суды ластайтын заттардың тізімі
3.1-кесте	Қазіргі заманғы газ турбиналарының техникалық және экологиялық сипаттамалары
3.2-кесте	Қазақстандағы газ турбиналы жылу электр станцияларының тізбесі
3.3-кесте	Газдың тән құрамы (жалпы үлесі,%)
3.4-кесте	Газдандыру тәсілдерінің сипаттамасы және газдандырудың негізгі технологиялары
3.5-кесте	ЦПГ бар кейбір БГҚ туралы мәліметтер
3.6-кесте	Техникалық шешімдер мен жұмыс режимдерінің NO <sub>x</sub> шығарындылар деңгейіне және толық жанбаған отынға әсері
4.1-кесте	Газ тазарту қондырғыларының жалпы тиімділігі
4.2-кесте	Қапшық сүзгілер материалдарының сипаттамасы
4.3-кесте	Күкірттен тазарту техникаларын салыстыру
4.4-кесте	Азот оксидінің эмиссиясын азайту техникаларын салыстыру
4.5-кесте	Күкірт және азот оксидтерінің эмиссиясын бір уақытта төмендету техникаларын салыстыру
4.6-кесте	Су объектілеріне төгінді төгетін түтін газдарын тазарту жүйелерімен жабдықталған қондырғылардан судың ластануын болғызбау және бақылау технологиялары
4.7-кесте	Энергия көздерінен күл-қож қалдықтарының жиналуы
4.8-кесте	Оттық мазутының көрсеткіштері
4.9-кесте	Үздіксіз және кезеңдік өлшемдердің сипаттамаларын салыстыру
5.1-кесте	01.01.2019 ж. бойынша Қазақстан Республикасының көміртозаңмен жағылатын бу турбиналық көмір ЖЭС генерациялайтын қуаттарының құрылымы
5.2-кесте	Екібастұз көмірінің сипаттамасы
5.3-кесте	КЭС-те көмірді жағуға арналған энергия тиімділігінің деңгейлері
5.4-кесте	ЖЭО мен қазандықтарда көмірді жағуға арналған энергия тиімділігінің деңгейлері
5.5-кесте	ЖЭС түрлі технологиялары бойынша неттоның стандартты энергия тиімділігі
5.6-кесте	Бу сипаттамаларының әртүрлі жағу процестері бойынша есептік тиімділікке әсері
5.7-кесте	Қуат және отын түрі бойынша отын жағатын қондырғылардың градациясы
5.8-кесте	Шығарындылардың ағымдағы деңгейі бойынша жиынтық деректер
5.9-кесте	Қайталама әдістерсіз қолданыстағы қондырғылар бойынша NO <sub>x</sub> шығарындыларының деңгейі
5.10-кесте	Тас көмірмен жұмыс істейтін жағу қондырғыларының үш мысалы берілген металл жолдары
5.11-кесте	Қатты отынды түсіру, сақтау, беру және қайта өңдеу кезіндегі ЕҚТ
5.12-кесте	Тас және қоңыр көмірді жағуға арналған ЕҚТ энергия тиімділігінің шекті деңгейлері
5.13-кесте	Көмірді жағу кезінде күкірт диоксидін төмендету бойынша ЕҚТ тізімі
5.14-кесте	Көмірді жағу кезінде азот тотықтарын төмендету бойынша ЕҚТ тізімі

- 5.15-кесте Сұйық отын жағатын қондырғылардан атмосфераға үлестік шығарындылар
- 5.16-кесте Қатты отынды (тас және қоңыр көмір) жағу кезінде шаң шығарындыларын азайту бойынша ЕҚТ тізімі
- 5.17-кесте Қазақстан Республикасында сұйық отынды жағатын қондырғылардан атмосфераға шығатын үлестік шығарындылар ( $SO_2$ ,  $NO_x$ , шаң)
- 5.18-кесте Қазақстан Республикасында сұйық отынды жағатын қолданыстағы қондырғылардан атмосфераға шығатын үлестік шығарындылар ( $SO_2$ ,  $NO_x$ )
- 5.19-кесте 2013 жылғы 1 қаңтардан бастап жаңадан салынып жатқан Қазақстан Республикасында сұйық отын жағатын қондырғылардан атмосфераға шығатын үлестік шығарындылар
- 5.20-кесте Сұйық отынды жағу кезіндегі ЕҚТ
- 5.21-кесте СМЭ пайдаланудың шамамен тиімділігі
- 5.22-кесте Күкірттен тазарту техникаларын салыстыру
- 5.23-кесте Азоттан тазарту техникаларын салыстыру
- 5.24-кесте Қазақстанның газ-мазутты ЖЭС генерациялайтын қуаттары
- 5.25-кесте Табиғи газбен жұмыс істейтін отын жағатын қондырғылардың типтік ISO ПӘК шолу
- 5.26-кесте Табиғи газды жағатын еуропалық қондырғылардың энергияны пайдаланудың (жылына орта есеппен) пайдалану ПӘК үлгілері
- 5.27-кесте Газды жағатын қазандық қондырғыларындағы азот оксидтері мен көміртегі оксидінің нақты шығарындылары
- 5.28-кесте 2019 жылғы табиғи газ жағатын қазандықтардан атмосфераға шығатын шығарындылардың мысалы
- 5.29-кесте 2018 жылы табиғи газбен жұмыс істейтін турбиналардан атмосфераға шығарындылар мысалы
- 5.30-кесте Қазандықты техникалық қайта жарактандыруды және реконструкцияны талап етпейтін атмосфераға  $NO_x$  және CO шығарындыларын азайту техникасы
- 5.31-кесте ЕҚТ ретінде қарастырылатын газ тәрізді отынды жағу кезінде  $NO_x$  шығарындыларын азайту техникасы
- 6.1-кесте ЕҚТ шығарындыларының деңгейін белгілеуге арналған оттегінің стандартты деңгейі
- 6.2-кесте Шығарындыларды өлшеу шамаларын орташаландыру кезеңдері
- 6.3-кесте Ауаға және су объектілеріне шығарындыларға сәйкес келетін отын жағатын қондырғылардың негізгі технологиялық параметрлерін бақылау
- 6.4-кесте Мониторингке жататын маркерлік ластағыш заттардың тізбесі
- 6.5-кесте Отын жағатын қондырғылардан шығарындылар мониторингінің кезеңділігі
- 6.6-кесте Түгін газдарын тазалау кезінде су объектілеріне төгінділер мониторингінің кезеңділігі
- 6.7-кесте Отынды жағуды оңтайландыру техникалары
- 6.8-кесте Жағу алдында бақылауға жататын отынның сипаттамасы
- 6.9-кесте Отын жағатын қондырғылардың энергия тиімділігін арттыру техникалары
- 6.10-кесте Су тұтынуды азайту техникалары
- 6.11-кесте Су объектілеріне төгінділерді азайту техникалары
- 6.12-кесте Түгін газын тазалау кезінде су объектілеріне ЕҚТ төгінділерінің деңгейлері
- 6.13-сурет Қалдықтардың түзілуін азайту және қайта өңдеу техникалары
- 6.14-кесте Шу шығаруды азайту техникалары
- 6.15-кесте Тас және қоңыр көмірді жағуға арналған ЕҚТ энергия тиімділігінің деңгейлері
- 6.16-кесте Көмірді жағу кезінде  $NO_x$  шығарындыларын азайтуға арналған техникалар
- 6.17-кесте Қатты отынды жағу кезінде азот және күкірт оксидтерінің шығарындыларын аралас төмендету техникалары

- 6.18-кесте Көмірді жағу үшін ауаға NO<sub>x</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.19-кесте Көмірді жағу үшін ауаға CO ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.20-кесте Қатты отынды жағу кезінде SO<sub>2</sub> шығарындыларын азайтуға арналған техникалар
- 6.21-кесте Көмірді жағу үшін ауаға SO<sub>2</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.22-кесте Қатты отынды жағу кезінде шаң шығарындыларын азайту техникалары
- 6.23-кесте Қатты отынды жағу үшін ауаға шаңның ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.24-кесте Сұйық отынды жағатын қондырғылардың энергия тиімділігінің деңгейлері
- 6.25-кесте Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде NO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту техникалары
- 6.26-кесте Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде NO<sub>x</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.27-кесте Мазут немесе дизель отынын жағатын қондырғыларға арналған CO ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.28-кесте Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде eO<sub>2</sub> шығарындыларын азайту техникасы немесе бірнеше әдістердің жиынтығы
- 6.29-кесте Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде eO<sub>2</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.30-кесте Сұйық отынды жағу кезінде шаң мен байланысқан металл бөлшектерін азайту техникалары
- 6.31-кесте Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде шаңның ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.32-кесте Сұйық отынмен жұмыс істейтін поршенді қозғалтқыштардың энергия тиімділігін арттыру техникалары
- 6.33-кесте Сұйық отынды жағатын поршенді қозғалтқыштарға арналған ЕҚТ энергия тиімділігінің деңгейлері
- 6.34-кесте Сұйық отынды жағатын поршенді қозғалтқыштар үшін NO<sub>x</sub> азайту техникалары
- 6.35-кесте Поршенді қозғалтқыштарда сұйық отынды жағудан ауаға CO шығарындыларын төмендету техникалары
- 6.36-кесте Поршенді қозғалтқыштарда сұйық отынды жағудан ауаға NO<sub>x</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.37-кесте Сұйық отынды жағатын поршенді қозғалтқыштар үшін CO ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.38-кесте Поршенді қозғалтқыштарда сұйық отынды жағудан ауаға SO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту техникалары
- 6.39-кесте Сұйық отынды жағатын поршенді қозғалтқыштар үшін SO<sub>x</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.40-кесте Сұйық отынды жағатын поршенді қозғалтқыштар үшін шаң мен байланысқан металл бөлшектерін азайту техникалары
- 6.41-кесте Сұйық отынды жағатын поршенді қозғалтқыштар үшін шаң мен байланысқан металл бөлшектерінің ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.42-кесте Сұйық отынмен жұмыс істейтін газ турбиналарының энергия тиімділігін арттыру техникалары
- 6.43-кесте Сұйық отынмен жұмыс істейтін газ турбиналарының энергия тиімділігін арттыру деңгейлері
- 6.44-кесте Дизель отынын жағатын газ турбиналарына арналған NO<sub>x</sub> шығарындыларын төмендету техникалары
- 6.45-кесте Дизель отынын жағатын газ турбиналарына арналған CO шығарындыларын төмендету техникалары

- 6.46-кесте Дизель отынын жағатын газ турбиналарына арналған  $\text{NO}_x$  ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.47-кесте Дизель отынын жағатын газ турбиналарына арналған  $\text{CO}$  ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.48-кесте Дизель отынын жағатын газ турбиналарына арналған  $\text{SO}_x$  шығарындыларын төмендету техникалары
- 6.49-кесте Дизель отынын жағатын газ турбиналарына арналған  $\text{SO}_x$  және шаңның ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.50-кесте Табиғи газды жағу процесінің энергия тиімділігін арттыру техникалары
- 6.51-кесте Табиғи газды жағуға арналған ЕҚТ энергия тиімділігінің деңгейлері
- 6.52-кесте Қазандықтарда табиғи газды жағу кезінде азот тотықтарының шығарындыларын азайту техникалары
- 6.53-кесте Газ турбиналарында табиғи газды жағу кезінде азот тотықтарының шығарындыларын азайту техникалары
- 6.54-кесте Қозғалтқыштарда табиғи газды жағу кезінде азот тотықтарының шығарындыларын азайту техникалары
- 6.55-кесте Табиғи газды жағу кезінде көміртегі тотығының шығарындыларын азайту техникалары
- 6.56-кесте Газ турбиналарында табиғи газды жағу үшін  $\text{NO}_x$  Қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.57-кесте Қазандықтар мен қозғалтқыштарда табиғи газды жағу үшін  $\text{NO}_x$  ЕҚТ қолдануға байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.58-кесте Сарқылған қоспаларда жұмыс істейтін ұшқын тұтандырғышы бар газ қозғалтқыштарында табиғи газды жағуға арналған ҰМОҚ және метан  $\text{CH}_4$  шығарындыларын азайту техникалары
- 6.59-кесте Қазандықтардағы металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын жағуға арналған ЕҚТ-мен байланысты энергия тиімділігінің деңгейлері
- 6.60-кесте БГҚ-да металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын жағу үшін ЕҚТ-мен байланысты энергия тиімділігінің деңгейлері
- 6.61-кесте Металлургия өндірісі мен химия өнеркәсібінің технологиялық газдарын қазандықтарда жағу кезінде  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайту техникалары
- 6.62-кесте Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын БГҚ-да жағу кезінде  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайту техникалары
- 6.63-кесте Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын қазандықтарда жағу кезінде  $\text{CO}$  шығарындыларын азайту техникалары
- 6.64-кесте Металлургия өндірісінің 100 % технологиялық газдарын жағу үшін  $\text{NO}_x$  ЕҚТ қолдануға байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.65-кесте Химия өндірісінің 100 % технологиялық газдарын жағу үшін  $\text{NO}_x$  ЕҚТ қолдануға байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.66-кесте Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын қазандықтарда жағу кезінде ауаға  $\text{SO}_2$  шығарындыларын азайту техникалары
- 6.67-кесте Металлургиялық өндірістің 100 % технологиялық газдарын жағудан ауаға  $\text{SO}_2$  ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.68-кесте Химиялық өндірістің 100 % технологиялық газдарын жағудан ауаға  $\text{SO}_2$  ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.69-кесте Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын жағу үшін шаң шығарындыларын азайту техникалары
- 6.70-кесте Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын қазандықтарда жағу үшін шаңның ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

- 6.71-кесте Теңіз платформаларында газ тәрізді және/немесе сұйық отынды жағу процесінің жалпы экологиялық көрсеткіштерін жақсарту техникалары
- 6.72-кесте Теңіз платформаларында газ тәрізді және/немесе сұйық отынды жағудан ауаға  $\text{NO}_x$  шығарындыларын болғызбау немесе азайту техникалары
- 6.73-кесте Теңіз платформаларындағы газ турбиналарында газ тәрізді және/немесе сұйық отынды жағудан ауаға  $\text{CO}$  шығарындыларын болғызбау немесе азайту техникалары
- 6.74-кесте Теңіз платформаларындағы ашық циклді газ турбиналарында газ тәрізді отынды жағу үшін  $\text{NO}_x$  ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.75-кесте Отын жағатын қондырғыларда қалдықтарды бірге жағу кезіндегі экологиялық көрсеткіштерді жақсарту техникалары
- 6.76-кесте Қалдықтарды тас және/немесе қоңыр көмірмен бірге жағу үшін энергия тиімділігінің деңгейлері
- 6.77-кесте Қалдықтарды және тас және/немесе қоңыр көмірді бірге жағудан ауаға  $\text{CO}$  және  $\text{N}_2\text{O}$  шығарындыларын уақытша шектеу кезінде ауаға азот тотықтарының шығарындыларын азайту техникалары
- 6.78-кесте Тас және/немесе қоңыр көмірі бар қалдықтарды бірге жағу кезінде ауаға  $\text{SO}_x$  шығарындыларын азайту техникалары
- 6.79-кесте Қалдықтарды және тас және/немесе қоңыр көмірді бірге жағудан шаң шығарындыларын азайту техникалары
- 6.80-кесте Қалдықтарды және тас және/немесе қоңыр көмірді бірге жағудан ауаға металл бөлшектері үшін ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.81-кесте Тас және/немесе қоңыр көмірі бар қалдықтарды бірге жағудан ауаға сынап шығарындыларын азайту техникалары
- 6.82-кесте Газдандыру қондырғыларының және ЦІГ энергия тиімділігін арттыру техникалары
- 6.83-кесте Газдандыру қондырғылары және ЦІГ үшін ЕҚТ энергия тиімділігінің деңгейлері
- 6.84-кесте ЦІГ қондырғыларынан ауаға  $\text{CO}$  шығарындыларын бір уақытта шектеу кезінде ауаға  $\text{NO}_x$  шығарындыларын болғызбау/немесе азайту техникалары
- 6.85-кесте ЦІГ қондырғылары үшін ауаға  $\text{NO}_x$  ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.86-кесте ЦІГ қондырғыларынан ауаға шаң, байланысқан металл, аммиак және галоген бөлшектері шығарындыларын болғызбау немесе азайту техникалары
- 6.87-кесте ЦІГ қондырғылары үшін шаңның және байланысқан металл бөлшектерінің ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК
- 6.88-кесте Негізгі техникалар
- 6.89-кесте Энергия тиімділігін арттыру техникалары
- 6.90-кесте Ауаға  $\text{NO}_x$  және/немесе  $\text{CO}$  шығарындыларын азайту техникалары
- 6.91-кесте Ауаға  $\text{SO}_x$  шығарындыларын азайту техникалары
- 6.92-кесте Ауаға шаң шығарындыларын азайту техникалары
- 6.93-кесте Су объектілеріне төгінділерді азайту техникалары
- 6.94-кесте Отынмен жұмыс істеу техникалары
- 6.95-кесте Майлармен жұмыс істеу техникалары
- 7.1-кесте Жобаланған 660 МВт энергия блогының негізгі көрсеткіштері
- 7.2-кесте Аммиак-сульфатты күкірттен тазартудың негізгі көрсеткіштері
- 7.3-кесте Аралас күл тұтқыштың сипаттамалары

## Глоссарий

Глоссарий осы ең үздік қолжетімді техникалар бойынша «Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отын жағу» анықтамалықтағы (бұдан әрі - ЕҚТ бойынша анықтамалық) ақпаратты түсінуді жеңілдетуге арналған. Бұл глоссарийдегі терминдердің анықтамалары заңды анықтамалар болып табылмайды, олар оқырманға кейбір негізгі терминдерді нақты секторда пайдалану контекстінде түсінуге көмектеседі.

Глоссарий мынадай бөлімдерге бөлінген:

- терминдер мен анықтамалар;
- аббревиатуралар және олардың толық жазылуы;
- химиялық элементтер.

## Терминдер мен олардың анықтамалары

Осы ЕҚТ бойынша анықтамалықта мынадай терминдер пайдаланылады:

Термин	Анықтама
ГТҚ	газ турбиналы қондырғы электр энергиясын алу мақсатында сұйық немесе газ тәрізді отынды жағуға арналған, осы қорытындылар мақсатында кәдеге жаратушы қазандықпен және БГҚ құрамында ашық циклдың конфигурациясын тұрады;
дизель отыны	сұйық отын, мұнай айдау өнімі, ГТҚ-да пайдаланылады, газды ГТҚ үшін резервтік отын болуы мүмкін;
ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың технологиялық көрсеткіштері	белгіленген кезең ішінде шектен асырылмайтын белгілі бір жағдайларда пайдаланылған газдардағы концентрация ( $\text{мг/Нм}^3$ ) түрінде көрсетілген шығарындылар массасы;
жаңа қондырғы	ЕҚТ бойынша осы қорытындылар бекітілгеннен кейін кем дегенде бір жылдан кейін алғаш рет КЭР алынған отын жағатын қондырғы немесе ЕҚТ бойынша осы қорытындылар бекітілгеннен кейін кем дегенде бір жылдан кейін қолданыстағы негізде отын жағатын қондырғыны толық ауыстыру;
ЖК	жағу камерасы, жеке отын жағатын қондырғы;
ЖПК	отын жылуын пайдалану коэффициенті, жалпы электр және жылу энергиясының жағылатын отыннан алынған жылуға қатынасы;
жұмыс сағаттарының саны	сағатпен көрсетілген уақыт, оның ішінде іске қосу мен тоқтатуды қоспағанда, отын жағатын қондырғы толық немесе ішінара пайдалануда болады ;
іске қосу және тоқтату кезеңі	ТПЕ сәйкес анықталады, 2-бөлім, 3-параграф;
КЭР	қоршаған ортаға эмиссияларға кешенді экологиялық рұқсат
ҚА	қазандық агрегаты - қозғалтқыштар мен газ турбиналарынан, технологиялық пештерден немесе жылытқыштардан басқа отынды жағуға арналған қондырғы;
қалдықтар	энергия өндіру кезінде отынды жағудан технологиялық процестер нәтижесінде өндірілген заттар, қалдықтар немесе жанама өнімдер;



қолданыстағы қондырғы	ЕҚТ бойынша осы қорытындылар бекітілгенге дейін орнатылған жаңа емес немесе оның жобасы ЕҚТ бойынша осы қорытындылар жарияланғанға дейін уәкілетті органмен келісілген отын жағатын қондырғы;
қондырғының бірлік жылу қуаты	бір қондырғының жылу қуаты, МВт;
қондырғының жылу қуаты	отынның жану жылуының туындысын (ең төмен) отын шығынына көбейту және қондырғының ПӘК-на көбейту $(Q_{нр} \times B \times ПӘК\%)/100 \%$ (МДж/кг x кг/с x %/% = МВт);
мазут	сұйық отын, мұнай айдаудың қалдық өнімі, егер 65 %-дан кемі 250 °С температурада буланса (шығынды қоса алғанда), ауыр мазут санатына жатады;
маркерлік ластағыш заттар эмиссияларының технологиялық көрсеткіштері	белгіленген кезең ішінде шектен асырылмайтын белгілі бір жағдайларда пайдаланылған газдардағы концентрация (мг/Нм <sup>3</sup> ) түрінде айқындалған азот, күкірт, көміртек және шаң тотықтары шығарындыларының массасы;
мерзімді өлшеу	өлшенетін шаманы белгілі бір уақыт аралығында «қолмен» немесе автоматтандырылған әдіспен анықтау;
механикалық ПӘК	жүктеме муфтасындағы механикалық энергияның жағылатын отынның жылу энергиясына қатынасы;
отын жағатын қондырғы	жылу энергиясын алу үшін отын тотығуға ұшырайтын техникалық аппарат. Осы анықтамалықтың қолданылу шеңберінде: а) ЖЭС және бірлік жылу қуаты 50 МВт және одан жоғары жеке тұрған қазандықтардағы отын жағу қондырғысы қондырғының бірлік қуаты бойынша анықталады; б) жеке тұрған қазандықтардағы және жылыту қазандықтарының отын жағатын қондырғысы 200 МВт-тан және одан жоғары қондырғылардың жылу қуатының қосындысымен анықталады.
технологиялық пештер немесе жылытқыштар	түтін газдары жанасу кезінде материалдарды термиялық өңдеу үшін пайдаланылатын отын жағатын қондырғылар;
тікелей төгінді	қондырғыдан төгіндінің шығу нүктесінде қабылдайтын су объектісіне кейіннен тазартпай төгу;
толық жағуға арналған қондырғы	түтін газдарын жағу арқылы тазартуға арналған, ол тәуелсіз отын жағу қондырғысы ретінде жұмыс істемейді, тек түтін газдарынан ұшпа органикалық заттарды (ҰОЗ) және басқа да ластағыш заттарды кетіру үшін қолданылады;
түтін газын күкіртсіздендіру жүйесі	түтін газын күкірт тотығынан тазарту жүйесі, ол кем дегенде бір енгізілген тазалау техникасыннан тұрады немесе қолданыстағы қондырғыда толығымен ауыстырылады (FGD);
электрлік ПӘК	нетто электр қуатының жағылатын отынның келіп түсетін жылу энергиясына қатынасы.

### Аббревиатуралар және олардың толық жазылуы

Аббревиатуралар	Толық жазылуы
АБҚ	ауа бөлгіш қондырғы (ASU)
АВА	ағынды вакуумды ауасыздандырғыш
АҚҚ	айналмалы қайнау қабаты (CFB)
АМЖ	шығарындылардың автоматтандырылған мониторинг жүйесі
АОАЖ	азот оксидінің аз шығыны бар жанарғы (LNB)
АСТ	күкірт тотықтарын аммиакты-сульфатты тазарту технологиясы
АТК	автоматты тоқтатқыш клапан
АТҚЖ	азот тотығын (DLN) құрғақ басатын жанарғылар
АЦГТҚ	ашық циклді газ турбиналық қондырғы (OCGT)

БГҚ	бу-газ қондырғысы (CCGT)
БелКЗ	Белгород қазандық зауыты
БЖИ	Бүкілресейлік жылу техникалық институты
БКЗ	Барнаул қазандық зауыты
ГАЦ	кешенді газдандырудың аралас циклі (IGCC)
ГКШ	гидроқұлқож шығару
ДҚЗ	Дорогобуж қазандық зауыты
ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК	ЕҚТ қолданумен байланысты шығарындылар деңгейлері
ЕҚТ ТД	ЕҚТ қолдануға байланысты төгінділердің технологиялық көрсеткіштері
ЕҚТ ЭТ	ЕҚТ қолданумен байланысты энергия тиімділігінің деңгейлері
ЖАА	жоғары қысымды ағынды ауасыздандырғыш
ЖІӨ	жалпы ішкі өнім
ЖКШ	жоғары концентрациялы шаң
ЖҚЖ	жоғары қысымды жылытқыш
ЖТӨ	жалпы тауар өнімі
ЖЭК	жаңартылатын энергия көздері
ЖЭО	жылу электр орталығы (аралас өндіріс, CHP)
КГ	кокс газы (COG)
КҚ	кәдеге жаратушы қазандық (HRSG)
КҚҚ	күл-қож қалдықтары
КТЗ	Калуга турбиналық зауыты
ҚАЖ	құбырлы ауа жылытқыш
ҚазЭФЗИ	Ш.Чокин атындағы Қазақ ғылыми-зерттеу институты
ҚҚЖ	«Қазақстан коммуналдық жүйелері» ЖШС
ҚҚЖ	қайнаған қабатта жағу (FBC)
ҚҚЖ	қатты қожды жою
ҚОӘБ	қоршаған ортаға әсерді бағалау
ҚОҚ	қоршаған ортаны қорғау
ҚСРЖ	қоректік суды регенеративті жылыту
ҚЭҚ	Қазақстан электр энергетикалық қауымдастығы
ҚЭО	Қарағанды энергия орталығы
ҚЭС	қоректік электр сорғысы
ЛМЗ	Ленинград металл зауыты
НФО	ауыр мұнай мазуты
ОҚТИ	И. Ползунов атындағы орталық қазандық турбиналық институты
ОПК	отын жылуын пайдалану коэффициенті
ОТЗ	Орал турбина зауыты
ПӘК	пайдалы әрекет коэффициенті
ПМЗ	Подольск машина жасау зауыты
РАЖ	регенеративті ауа жылытқыш
СКЕК	селективті каталитикалық емес қалпына келтіру (SNCR)

СКК	селективті каталитикалық қалпына келтіру (SCR)
СҚЕ	сорбентті қазандық трактісіне енгізу (DSI)
СМЭ	сулы мазутты эмульсия
СТГ	сұйытылған табиғи газ (LNG)
СШАБ	супер шектен асқан бу параметрлері
ТГК	түгін газдарын күкіртсіздендіру (FGD)
ТҚЖ	төмен қысымды жылытқыш
ТҚС	турбиналық коректік сорғы
ТҮТ	тартып үрлеу тетіктері
ҰЭЖ	ұлттық электр желілері
ХТГЗ	Харьков турбогенератор зауыты
ЦІГ	циклішілік газдандыру
ЦІГ БГҚ	циклішілік газдандыруы бар БГҚ
ШАҚ	шектен асқан қысым (бу параметрлері)
ШКБ	шикі көмір бункері
ШКЖ	шикі көмір жеткізгіш
ШПШ	штаттан тыс пайдалану шарттары (OTNOC)
ЫӨӨ	күкірт тотықтарын ылғал әкпен тазарту әдісі
ЭКЕАЖ	энергияны коммерциялық есепке алудың автоматтандырылған жүйесі
ЭҚ	энергетикалық қондырғы
ЭМЖ	экологиялық менеджмент жүйесі
ЭНИН	энергетикалық институт
ЭС	электр сүзгі (ESP)

## Химиялық элементтер

Ластағыштар/параметрлері	
As	мышьяк және оның қосылыстарының қосындысы
C <sub>3</sub>	көмірсутегі саны үшке тең көмірсутектер
C <sub>4+</sub>	көмірсутегі саны төртке тең көмірсутектер
Cd	кадмий мен оның қосылыстарының қосындысы
Cd+Pb	кадмий мен таллийдің және олардың қосылыстарының қосындысы
CH <sub>4</sub>	метан
CO	көміртек тотығы
COD	органикалық зат CO <sub>2</sub> көмірқышқыл газына дейін толық тотыққанға дейін қажетті оттегінің мөлшері
COS	көмірқышқыл газы
Cr	хром мен оның қосылыстарының қосындысы
Cu	мыс пен оның қосылыстарының қосындысы
Шаң	қатты бөлшектердің (ауадағы) жиынтығы
Фторид	F <sub>-</sub> ретінде көрсетілген ерітілген фторид

H <sub>2</sub> S	күкіртті сутегі
HCl	HCl ретінде көрсетілген барлық бейорганикалық газ тәрізді хлорлы қосылыстар
HCN	цианды сутегі
HF	HF ретінде көрсетілген барлық бейорганикалық газ тәрізді фторлы қосылыстар
Hg	сынап пен оның қосылыстарының қосындысы
N <sub>2</sub> O	азот оксиды
NH <sub>3</sub>	аммиак
Ni	никель мен оның қосылыстарының қосындысы
NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub> -ге қайта есептегенде NO азот тотығы мен NO <sub>2</sub> азоттың қос тотығының қосындысы
Pb	корғасын мен оның қосылыстарының қосындысы
PCDD/F	полихлорланған дибензо-п-диоксиндер/фурандар
RCG	Стандартты 6 % O <sub>2</sub> оттегі құрамымен берілген, SO <sub>x</sub> тазарту жүйесінің кірісіндегі орташа жылдық шама ретінде түгін газдарындағы SO <sub>2</sub> концентрациясы
Sb+As+Pb+Cr+ Co+Cu+Mn+Ni+V	сүрме, күшән, корғасын, хром, кобальт, мыс, марганец, никель, ванадий және олардың қосылыстарының қосындысы
SO <sub>2</sub>	күкірт қостотығы
SO <sub>3</sub>	күкірттің үш тотығы
Сульфат	
Оңай бөлінетін күкірт қосылысы	S <sup>2-</sup> ретінде көрсетілген қышқылдандыру кезінде оңай бөлінетін ерітілген күкіртті қосылыстың және ерімеген күкіртті қосылыстардың қосындысы
Сульфит	
ОКМ	судағы органикалық көміртектің жалпы мөлшері
ҚЗ	шыны талшықты сүзгі арқылы сүзу әдісімен өлшенген қалқыма қатты заттардың жалпы саны
ҰОК	ауадағы ұшпа органикалық көміртектің жалпы саны
Zn	мырыш пен оның қосылыстарының қосындысы

## Алғысөз

Ең үздік қолжетімді техникалар бойынша анықтамалық мазмұнының қысқаша сипаттамасы: халықаралық аналогтармен өзара байланысы ЕҚТ бойынша анықтамалық Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексын іске асыру мақсатында әзірленді.

ЕҚТ бойынша анықтамалықты әзірлеу кезінде қолдану саласындағы ең үздік қолжетімді техникалардың техникалық және экономикалық қолжетімділігіне негіз болатын Қазақстан Республикасының климаттық, экономикалық, экологиялық

жағдайлары мен отын базасына негізделген бейімдеу қажеттілігін ескере отырып, ең үздік әлемдік тәжірибе және экономикалық ынтымақтастық және даму ұйымына мүше болып табылатын мемлекеттерде ресми түрде қолданылатын, «Ірі жағу қондырғыларына арналған ЕҚТ бойынша анықтамалық құжат» (best Available Techniques (BAT) Reference document for Large Combustion Plants) Еуропалық одақтың ең үздік қолжетімді техникалар бойынша ұқсас және салыстырмалы анықтамалық құжаты ескерілді.

ЕҚТ бойынша анықтамалық кіріспе бөлімнен, сегіз тараудан, библиографиядан және қосымшалардан тұрады.

«Жалпы ақпарат» тарауында энергетика кәсіпорындарына кешенді технологиялық аудит (КТА), сауалнама жүргізу барысында алынған, сондай-ақ ашық қолжетімділікте бар кәсіпорындардың есептері негізінде электр энергетикасының құрылымы мен технологиялық деңгейі туралы деректер көрсетілген, сондай-ақ «Жалпы ақпарат» тарауында Қазақстанның отын базасы туралы деректер ұсынылған, жылу және электр энергиясын өндірудің техникалық-экономикалық сипаттамалары, электр энергетикасы саласының энергия сыйымдылығы және негізгі экологиялық проблемалар көрсетілген. «ЕҚТ-ға жатқызу әдіснамасы» тарауында ең үздік қолжетімді техникалар ретінде техникаларды іріктеу қағидаттары берілген. Ең үздік қолжетімді ретінде техникаларды айқындау әдіснамасы берілді, ол кәсіпорынның және қоршаған ортаны қорғау саласындағы мемлекеттік уәкілетті органдардың мақсаттарын орындауды қамтамасыз ететін ең қолжетімді кандидат техникалар ретінде қабылданған ықтимал техникаларды іріктеуге және салыстыруға негізделеді.

«Энергияны генерациялау процестері» тарауында органикалық отындарды жағуға негізделген электр энергиясы мен жылуды генерациялау техникалары көрсетілген, қондырғылардың техникалық-экономикалық және экологиялық сипаттамалары, оларды электр энергетикасында қолдану перспективалары қарастырылды, экологиялық көрсеткіштерге жүктеме факторларының әсер ету мәселелері қарастырылды. Экологиялық көрсеткіштерге отынды, қоспаларды, майларды түсіру, сақтау және айналымының әсер ету мәселесі бөлек қаралды.

«Эмиссияларды болғызбауға және/немесе азайтуға және ресурстарды тұтынуға арналған жалпы ЕҚТ» тарауы шаңның, күкірт диоксидінің, азот оксидінің шығарындыларын болғызбау немесе азайту техникасын қарауға арналған. Маркерлік заттардың түзілуін азайтуға бағытталған технологиялық әдістер де, тазарту әдістері де қарастырылды. Су тұтыну құрылымы және суға шығарындыларды азайту әдістері ұсынылды, топырақтың ластануын төмендету және қалдықтарды басқару техникалары қаралды, шу әсерін азайту әдістері ұсынылды, экологиялық менеджмент жүйесі қарастырылды. Тарауда отын сапасын бақылау, атмосфераға шығарындылардың

мониторингі, суды пайдалану және су объектілеріне төгінділер мониторингі, жердің/топырақтың ластануын бақылау және қалдықтарды басқару әдістері, сондай-ақ ҚЭР кәдеге жарату техникалары мәселелері бөлек қарастырылады.

«ЕҚТ таңдау кезінде қарастырылатын техникалар» тарауы қатты, сұйық және газ тәрізді отынды жағу қондырғыларына арналған, сондай-ақ отынды аралас жағу қондырғылары, қалдықтарды жағу қондырғылары және энергия тиімділігін арттыратын ықтимал техникалар қаралды. Тарауда күкірт және азот оксидтерінің шығарындыларын азайтуға бағытталған шығарындылар мен ЕҚТ сипаттамаларына ерекше назар аударылды.

«ЕҚТ бойынша тұжырымдарды қамтитын қорытындылар» тарауында экологиялық менеджмент, мониторинг және бақылау жүйесіне, энергия тиімділігіне байланысты жалпы ЕҚТ бойынша қорытындылар, қатты отынды жағу кезіндегі ЕҚТ бойынша қорытындылар, сұйық отынды жағу кезіндегі ЕҚТ бойынша қорытындылар, газ тәрізді отынды, көп отынды жағу, қалдықтар мен технологиялық газдарды жағу кезінде ЕҚТ бойынша, сондай-ақ газдандыру кезінде ЕҚТ бойынша қорытындылар берілген.

«Перспективалы техникалар» тарауында базалық және баламалы энергетиканы үйлестіру жолдары көрсетілген, орталықтандырылмаған энергиямен жабдықтау орны және әлеуетті ЕҚТ болуы мүмкін ҒЗТКЖ сатысындағы әдістер/техникалар ұсынылған. Анықтамалықты «Қорытынды ережелер мен ұсынымдар» тарауы аяқтайды.

Технологиялық процесс үшін бір немесе жиынтығында бірнеше ең үздік қолжетімді техникаларды қолданумен байланысты технологиялық көрсеткіштерді «Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отынды жағу» ең үздік қолжетімді техникалар бойынша анықтамалықты әзірлеу жөніндегі техникалық жұмыс тобы айқындады.

Деректерді жинау туралы ақпарат

ЕҚТ бойынша анықтамалықта қатты, сұйық, газ тәріздес отын мен олардың қоспаларын жағатын ірі қондырғыларды пайдаланатын Қазақстан Республикасы кәсіпорындарының 2015-2019 жылдардағы техникалық-экономикалық көрсеткіштері, ауаға ластағыш заттар шығарындылары және су ортасына төгінділері бойынша, Ең үздік қолжетімді техникалар жөніндегі бюроның функцияларын жүзеге асыратын қоршаған ортаны қорғау саласындағы уәкілетті органның ведомстволық бағынысты ұйымы жүргізген кешенді техникалық аудит және сауалнама нәтижелері бойынша алынған нақты деректер қолданылды.

ЕҚТ бойынша анықтамалықта Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігінің Ұлттық статистика бюросының, Халықаралық энергетикалық агенттіктің (МЕА), электр және жылу-күштік жабдықтарды өндіруші компаниялардың деректері пайдаланылды: GE, Alstom, ABB, Siemens, Lodge Cottrell, Andritz, Mitsubishi Corporation (MC), Mitsubishi Hitachi Power System (MHPS), Жапония, Emerson, «Ленинград металл зауыты» ААҚ (ЛМЗ), «Орал турбина зауыты» АҚ (ОТЗ), Калуга турбина зауыты (КТЗ) ЖАҚ, Подольск машина жасау зауыты ЖАҚ (ТҚЖ ЗиО), «

Красный котельщик» Таганрог қазандық зауыты ЖАҚ (ТҚЗ), Барнаул қазандық зауыты ЖШҚ (БҚЗ), «Белгород қазандық зауыты» ЖШҚ (БелҚЗ), «Бий қазандық зауыты» ЖШҚ (БиҚЗ), Дорогобужск қазандық зауыты ЖШҚ (ДҚЗ) (қазіргі: «Дорогобужкотломаш»), «Харьков турбогенератор зауыты» ААҚ (ХТГЗ) (қазіргі: «Турбоатом»), «Электросила» ААҚ, «Новосибирск электр техникалық зауыты» ЖШҚ (НЭТЗ), «Сызрань ауыр машина жасау зауыты» АҚ (САМЗ) (қазіргі: «ТЯЖМАШ»), «Фрунзе атындағы Сумск машина жасау зауыты» АҚ (СМЗ) (қазіргі: «Сумское машиностроительное научно-производственное объединение Инжиниринг г Сумск машина жасау ғылыми-өндірістік бірлестік») және басқалары; қазақстандық энергетикалық компаниялар: «Самұрық-Энерго» АҚ, ERG ЖШС, Kazakhmys Energy ЖШС, «Қазақстан коммуналдық жүйелері» ЖШС, «Орталық Азия энергетикалық корпорациясы» АҚ, KEGOC АҚ, КОРЭМ АҚ; қоғамдық ұйымдар: Қазақстан энергетикалық қауымдастығы ЗТБ (ҚЭҚ), Kazenergy ЗТБ, Атамекен ҰКП.

ЕҚТ бойынша басқа анықтамалықтармен өзара байланысы  
ЕҚТ бойынша анықтамалық Экология кодексiнiң талаптарына сәйкес әзірленетін ЕҚТ бойынша анықтамалықтар серияларының бірі болып табылады.

«Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отын жағу» ЕҚТ бойынша анықтамалығының төмендегілермен байланысы бар:

Р/с №	ЕҚТ бойынша анықтамалықтың атауы	Байланысты процестер
1	2	3
1	Мұнай және газ өндіру	Газ-мұнай өңдеу кәсіпорындарында ГТҚ-да мұнай зауыты отынын жағу
2	Шаруашылық және (немесе) өзге де қызметті жүзеге асыру кезіндегі энергетикалық тиімділік	Энергетикалық тиімділік

Және өзге де тау-кен металлургия кешенінің ЕҚТ бойынша анықтамалықтары.

### **Қолданылу саласы**

Қазақстан Республикасының Экологиялық Кодексінің 3-қосымшасына сәйкес осы ЕҚТ бойынша анықтамалық:

отынды жағу арқылы электр және жылу энергиясын өндіруге қолданылады.

Осы ЕҚТ бойынша анықтамалықтың қолданылу саласын, сондай-ақ технологиялық процестерді, жабдықтарды, техникалық тәсілдер мен әдістерді осы ЕҚТ бойынша анықтамалықты қолданылу саласы үшін ең үздік қолжетімді техникалар ретінде «Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отын жағу» ең үздік қолжетімді техникалар жөніндегі анықтамалықты әзірлеу жөніндегі техникалық жұмыс тобы айқындады.

Қолданылу саласы төмендегілерге сәйкес:

1. теңіз платформаларында орналасқан қондырғыларды қоса алғанда, электр энергиясын және жылу энергиясын бу және/немесе ыстық су түрінде өндіруге

арналған ЖЭС қондырғыларында және бірлік номиналды жылу қуаты 50 МВт және одан астам қазандықтарда отын жағу;

2) жиынтық жылу қуаты 50 МВт және одан астам (қондырғының бірлік қуаты кемінде 15 МВт) бу және жылыту қазандықтарының қондырғыларында отын жағу;

3) егер бұл процесс жағуға арналған қондырғымен тікелей байланысты болса ғана жалпы номиналды жылу қуаты 20 МВт және одан астам қондырғыларда көмірді немесе отынның басқа да түрлерін газдандыру;

4) жағу энергия өндірумен байланысты болған жағдайда отынды 3 т/сағ артық шығыны бар қауіпті емес қалдықтар түрлеріне жатқызылған қалдықтармен немесе 10 т/сағ артық шығыны бар қауіпті қалдықтармен бірге отын жағу.

Қолданылу саласы қондырғыларда отынның келесі түрлерін жағуға сәйкес келеді:

қатты түрлері: тас көмір, қоңыр көмір, лигниттер, көмірді байыту өнімдері;

сұйық көмірсутекті отындар (мазут, дизель отыны, су-мазут эмульсиясы (СМЭ));

металлургия және химия өнеркәсібінің табиғи, ілеспе газы, технологиялық газдары.

Қолданылу саласы резервтік отынды, авариялық қолданылатын отынды және іске қосу-тоқтату үшін пайдаланылатын отынды жағуға таралмайды.

ЕҚТ анықтамалығының қолданылу саласына төмендегілер кірмейді:

синтез-газдың нәтижесінде болатын жануымен тікелей байланысты болмаған кезде отынды газдандыру,

мұнай өнімдері мен газды қайта өңдеумен тікелей байланысты отынды газдандыру және кейіннен синтез-газды жағу;

технологиялық пештерде немесе жылытқыштарда жағу;

толық жағатын қондырғыларда жағу;

газды алауда жағу;

целлюлоза мен қағаз өндіру үшін пайдаланылатын жалпы қалпына келтірілген күкіртке арналған кәдеге жаратушы қазандықтарда және пештерде жағу;

мұнай өңдеу зауыттарында мұнай зауыты отынын жағу, өйткені бұл мәселелер мұнай және газ өңдеу бойынша ЕҚТ-да сипатталған;

қоқыс жағатын қондырғыларда қалдықтарды кәдеге жарату және рекуперациялау;

механикалық жабдықтың жетегіне, сорғыға, ауа үрлегішке және басқаларына арналған отын жағатын энергия қондырғылары;

энерготехнологиялық қажеттіліктер: жұмыс орнын кептіру, буландыру, салқын өндіру немесе объектілерді немесе материалдарды өңдеу үшін отын жағатын энергия қондырғылары;

каталитикалық крекинг катализаторларын регенерациялауға арналған қондырғылар;

газ тәрізді қалдықтарды жағу арқылы тазартуға арналған қондырғылар;

күкіртті сутектерді күкіртке айналдыруға арналған қондырғылар;

химия өнеркәсібінің реакторлары;



кокс пештері аккумуляторларының оттықтары;  
көлік құралдарында, корабльдерде немесе ұшу аппараттарында пайдаланылатын қондырғылар.

Анықтамалықта төмендегілер қарастырылмайды:

жасанды газдар;

жасанды сұйық отындар.

Анықтамалықта бірыңғай толық технологиялық процесс кешенінде электр және жылу энергиясын өндірудің мынадай қосалқы технологиялары қарастырылған:

тасымалдау, сақтау және жағуға дайындауды қоса алғанда, отын шаруашылығы;

отынды жағу және түтін газдарын тазалау және шығару арқылы бу және/немесе ыстық су түрінде электр энергиясын, жылу өндіру;

технологиялық жабдықты салқындатуды қоса алғанда, бу энергиясын электр энергиясына айналдыру;

жылу желілерін толықтыру мақсатында су дайындауды қоспағанда, энергия объектілерінің қажеттіліктері үшін су дайындау;

технологиялық жабдықты суыту, бу-су ысырабын өтеу мақсатында энергия объектісін техникалық сумен жабдықтау,

күл-қожды кетіру, өзге де өндірістік қажеттіліктер;

қалдықтармен жұмыс істеу;

майлармен жұмыс істеу (түсіру, сақтау, тазалау).

### **Қолданылу қағидаттары**

Құжаттың мәртебесі

ЕҚТ бойынша анықтамалық объект/объектілердің операторларының «жасыл» экономика және ең үздік қолжетімді техникалар қағидаттарына көшулерін ынталандыру мақсатында объект/объектілердің, уәкілетті мемлекеттік органдардың операторларына және жұртшылыққа ең үздік қолжетімді техникалар және ЕҚТ бойынша анықтамалықты қолдану саласына қатысты кез келген перспективалы техникалар туралы ақпарат беруге арналған.

ЕҚТ-ны айқындау бірқатар халықаралық қабылданған өлшемшарттар негізінде салалар (ЕҚТ-ны қолдану салалары) үшін жүзеге асырылады:

қалдығы аз технологиялық процестерді қолдану;

өндірістің жоғары ресурстық және энергетикалық тиімділігі;

суды ұтымды пайдалану, су айналымы циклдарын құру;

ластануды болғызбау, аса қауіпті заттарды пайдаланудан бас тарту (немесе қолдануды барынша азайту);

заттар мен энергияны қайта пайдалануды ұйымдастыру (ол мүмкін болған жерде);

экономикалық орындылық (ЕҚТ қолдану салаларына тән инвестициялық циклдерді ескере отырып).

Қолдануға міндетті ережелер

ЕҚТ бойынша анықтамалықтың «6. Ең үздік қолжетімді техникалар бойынша тұжырымдарды қамтитын қорытынды» бөлімінің ережелері ең үздік қолжетімді техникалар бойынша қорытындыларды әзірлеу кезінде қолдануға міндетті болып табылады.

Ең үздік қолжетімді техникалар бойынша қорытындылардың бір немесе бірнеше ережесінің жиынтығын қолдану қажеттілігін объектілердің операторлары технологиялық көрсеткіштер сақталған жағдайда, кәсіпорындағы экологиялық аспектілерді басқару мақсаттарына сүйене отырып өз бетінше айқындайды. Осы ЕҚТ бойынша анықтамалықта берілген ең үздік қолжетімді техникалардың саны мен тізімі ендіруге міндетті болып табылмайды.

Ең үздік қолжетімді техникалар бойынша қорытынды негізінде объектілердің операторлары ең үздік қолжетімді техникалар бойынша қорытындыларда бекітілген технологиялық көрсеткіштер деңгейіне қол жеткізуге бағытталған экологиялық тиімділікті арттыру бағдарламасын әзірлейді.

**Ұсынымдық ережелер**

Ұсынымдық ережелер сипаттама түрінде болады және ЕҚТ қолданумен байланысты технологиялық көрсеткіштерді белгілеу процесін талдауға ұсынылған:

1-тарау: отынды жағу қондырғылары, сала құрылымы, пайдаланылатын өнеркәсіптік процестер мен технологиялар, электр және жылу энергиясын өндірумен байланысты экологиялық проблемалар туралы жалпы ақпарат ұсынылған.

2-тарау: ЕҚТ-ға жатқызу әдістемесі, ЕҚТ сәйкестендіру тәсілдері сипатталған.

3-тарау: энергия өндірудің өндірістік процесінің негізгі кезеңдері сипатталған, қондырғылар мен пайдаланудың экологиялық сипаттамалары, ағымдағы шығарындылар, шикізатты тұтыну мен сипаты, суды тұтыну, энергияны пайдалану және қалдықтардың пайда болуы туралы мәліметтер мен ақпарат берілген.

4-тарау: технологиялық процестерді жүзеге асыру кезінде олардың қоршаған ортаға теріс әсерін төмендету үшін қолданылатын және қоршаған ортаға теріс әсер ететін объектінің реконструкциясын талап етпейтін әдістер сипатталған. Төмендегілер үшін пайдаланылатын әдістер каталогы және олармен байланысты мониторинг:

атмосфераға, суға (жерасты суларын қоса алғанда) және топыраққа шығарындыларды болғызбау және азайту;

қалдықтардың пайда болуын болғызбау немесе азайту.

5-бөлім: ЕҚТ анықтау мақсатында қарау үшін ұсынылатын қолданыстағы техникалардың сипаттамасы ұсынылған.

7-бөлім: жаңа техникалар мен перспективалы техникалар туралы ақпарат берілген.

8-бөлім: ЕҚТ бойынша анықтамалықты қайта қарау шеңберінде болашақ жұмыс үшін қорытынды ережелер мен ұсынымдар келтірілген.

## **1. Жалпы ақпарат**

ЕҚТ бойынша анықтамалықтың осы бөлімі Қазақстан Республикасының электр энергетикасы саласының сипаттамасын қоса алғанда, нақты қолданылу саласы туралы жалпы ақпаратты, сондай-ақ эмиссиялардың ағымдағы деңгейлерін, сондай-ақ энергетикалық, су және шикізат ресурстарын тұтынуды қоса алғанда, осы ЕҚТ бойынша анықтамалықты қолдану саласына тән негізгі экологиялық проблемаларды қамтиды.

### **1.1. Электр энергетикасының құрылымы мен технологиялық деңгейі**

Электр энергетикасы - электр энергиясын өндіру, беру, тарату процестері іске асырылатын базалық инфрақұрылымдық сала. Қазақстан Республикасының экономикасы үшін электр энергетикасының ерекше маңызы бар, өйткені елдің металлургия және мұнай мен газ өндіру сияқты негізгі салалары жоғары энергия сыйымдылығымен сипатталады.

Орталық Азияның, Ресейдің Шығыс және батыс бөлігінің энергия жүйелері арасындағы орталық географиялық орынды алатын Қазақстанның электр энергетикасы БЭЖ-дің негізгі қағидаттарымен қалыптасқан. Қазақстанның Бірыңғай энергия жүйесін қалыптастыру орталығы оның солтүстік өңірі болып табылады, онда электр энергиясы көздерінің басым бөлігі (72,7 %) шоғырланған және Қазақстанның БЭЖ-ін Ресей БЭЖ-імен байланыстыратын 220-500-1150 кВт дамыған электр желілері бар.

Қазақстанның электр энергетикасының қазіргі жағдайы төмендегідей сипатталады: энергия өндіруші қуаттардың жоғары шоғырлануы - бір электр станциясында 4000 МВт-қа дейін;

ірі электр станцияларының негізінен отын кен орындарының жанында орналасуы; өндірістік және коммуналдық қажеттіліктер үшін электр энергиясы мен жылу өндірудің аралас тәсілінің жоғары үлесі;

республиканың электр қуаттары теңгеріміндегі гидростанциялар үлесінің жеткіліксіз болуы (шамамен 12 %);

кернеуі 500 және 1150 кВ ЭЖ жүйе құраушы байланыстар ретінде әрекет ететін электр беру желілерінің дамыған схемасы;

авариялық және авариядан кейінгі жағдайларда Бірыңғай энергетикалық жүйенің тұрақтылығын қамтамасыз ететін релелік қорғау және аварияға қарсы автоматика жүйесі;

орталық диспетчерлік басқарма, өңірлік диспетчерлік орталықтар, электр энергиясын тұтынушылардың диспетчерлік орталықтары жүзеге асыратын бірыңғай, тігінен ұйымдастырылған, жедел диспетчерлік басқару жүйесі.

Электр энергетикасының сала ретіндегі ерекшеліктері оның негізгі өнімі - электр энергиясының ерекшелігіне, сондай-ақ оны өндіру және тұтыну процестерінің сипатына байланысты. Электр энергиясын өнеркәсіптік ауқымда сақтаудың мүмкін еместігі электр энергиясын өндірудің, берудің және тұтынудың бүкіл процесінің

технологиялық тұтастығын білдіреді. Осы ерекшелікке байланысты электр энергетикасында өнімді өндірудің, берудің және тұтынудың технологиялық циклінің әрбір кезеңіне, оның ішінде электр тогының жиілігі мен кернеуіне қойылатын қатаң техникалық талаптар бар.

Қазақстанның электр энергетикалық құрылымы саланың мынадай секторларынан тұрады:

- 1) электр энергиясын өндіру секторы;
- 2) электр энергиясын беру секторы;
- 3) электрмен жабдықтау секторы;
- 4) электр энергиясын тұтыну секторы;
- 5) электр энергетикасы саласындағы өзге де қызмет секторы.

### **Электр энергиясын өндіру секторы**

Қазақстанда электр энергиясын өндіруді әртүрлі меншік нысанындағы 179 электр станциясы жүзеге асырады.

Электр станциялары ұлттық маңызы бар электр станциялары, өнеркәсіптік мақсаттағы электр станциялары және өңірлік мақсаттағы электр станциялары деп бөлінеді.

Ұлттық маңызы бар электр станцияларына Қазақстан Республикасы электр энергиясының көтерме сауда нарығында тұтынушыларға электр энергиясын өндіруді және сатуды қамтамасыз ететін мынадай ірі жылу электр станциялары жатады:

Б.Г.Нұржанов атындағы «Екібастұз МАЭС-1» ЖШС;

«Екібастұз МАЭС-2 станциясы» АҚ;

«ЕЭК» АҚ ЭС ERG, «Еуразиялық топ»;

«Топар басты тарату энергия станциясы» ЖШС;

Т.И. Батуров атындағы «Жамбыл МАЭС» АҚ;

сондай-ақ қосымша және ҚР БЭЖ жүктеме кестесін реттеу үшін пайдаланылатын жоғары қуатты гидравликалық электр станциялары:

«Қазмырыш» ЖШС Бұқтырма ГЭК;

«АЭС Өскемен ГЭС» ЖШС;

«АЭС Шүлбі ГЭС» ЖШС.

Өнеркәсіптік маңызы бар электр станцияларына ірі өнеркәсіптік кәсіпорындар мен жақын маңдағы елді мекендерді электр-жылумен жабдықтау үшін қызмет ететін электр және жылу энергиясын аралас өндіретін ЖЭО жатады:

«Қарағанды Энергия орталығы» ЖЭО-3 ЖШС;

БАС ЖЭО, «Арселор Миттал Теміртау» ЖЭО-2 АҚ;

ERG «ССКӨБ» АҚ ЖЭО, «Еуразиялық топ»;

Балқаш ЖЭО, «Kazakhstan energy» ЖШС Жезқазған ЖЭО;

ERG «Қазақстан алюминийі» АҚ ЖЭО-1, «Еуразиялық топ» және басқалары.

Өңірлік маңызы бар электр станциялары - бұл өңірлік электр желілік компаниялары және энергия беруші ұйымдардың желілері арқылы электр энергиясын өткізуді,

сондай-ақ жақын маңда орналасқан қалаларды жылумен жабдықтауды жүзеге асыратын аумақтармен интеграцияланған ЖЭО.

### **Электр энергиясын беру секторы**

Қазақстан Республикасының электр желілері электр энергиясын беруге және (немесе) таратуға арналған, кернеуі 0,4–1150 кВт шағын станциялардың, тарату құрылғыларының және оларды жалғайтын электр беру желілерінің жиынтығы болып табылады.

Қазақстан Республикасының БЭЖ-дегі жүйе құраушы желінің рөлін республиканың өңірлері мен шектес мемлекеттердің (Ресей Федерациясы, Қырғыз Республикасы және Өзбекстан Республикасы) энергия жүйелері арасындағы электр байланыстарын, сондай-ақ электр станцияларының электр энергиясын беруін және оны көтерме тұтынушыларға беруін қамтамасыз ететін Ұлттық электр желісі орындайды. ҰЭЖ құрамына кіретін шағын станциялар, тарату құрылғылары, өңіраралық және (немесе) мемлекетаралық электр беру желілері және электр станцияларының кернеуі 220 кВ және одан жоғары электр энергиясын беруді жүзеге асыратын электр беру желілері «KEGOC» АҚ теңгерімінде.

Өңірлік деңгейдегі электр желілері өңірлер ішіндегі электр байланыстарын, сондай-ақ электр энергиясын бөлшек тұтынушыларға беруді қамтамасыз етеді. Өңірлік деңгейдегі электр желілері өңірлік электр желілік компаниялардың теңгерімінде және пайдалануында болады.

Энергия беруші ұйымдар шарттар негізінде көтерме және бөлшек сауда нарығының тұтынушыларына немесе энергиямен жабдықтаушы ұйымдарға электр энергиясын меншікті немесе пайдаланылатын (жалға алу, лизинг, сенімгерлік басқару және өзге де пайдалану түрлері) электр желілері арқылы беруді жүзеге асырады.

### **Электрмен жабдықтау секторы**

Қазақстан Республикасының электр энергиясы нарығының электрмен жабдықтау секторы энергия өндіруші ұйымдардан немесе орталықтандырылған сауда-саттықта электр энергиясын сатып алуды және оны кейіннен түпкілікті бөлшек тұтынушыларға сатуды жүзеге асыратын энергиямен жабдықтаушы ұйымдардан тұрады. ЭЖҰ-ның бір бөлігі электр энергиясын «кепілдік беруші жеткізушілер» функциясын орындайды.

Қазақстанның әртүрлі типтегі электр станцияларының белгіленген қуатының құрылымы мынадай көрсеткіштермен көрінеді:

ҚР барлық электр станцияларының белгіленген қуаты - 22 936,6 МВт (100 %) оның ішінде:

көмірдегі ЖЭС - 13 382 МВт (58,34 %);

газдағы ЖЭС - 3 991,5 МВт (17,4 %);

газдағы ГЖЭС - 1 999,6 МВт (8,72 %);

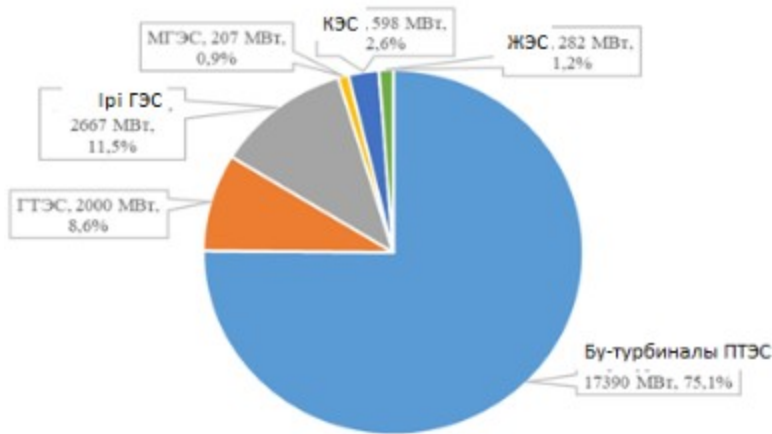
ГЭС - 2 665,6 МВт (11,63 %);

ЖЭС - 282,2 МВт (1,23 %);

КЭС - 597,6 МВт (2,61 %);

БГҚ - 1 МВт.

1.1-суретте Қазақстанның электр станцияларының генерациялайтын қуаттарының құрылымы келтірілген.



1.1-сурет. Қазақстанның генерациялайтын қуаттарының құрылымы

Электр энергетикасының негізін органикалық: көмір, мазут, газ сияқты отынды пайдаланатын жылу электр станциялары құрайды. ГЖЭС ескере отырып, барлық ЖЭС-тің жиынтық қуаты - 21389 МВт немесе елдің барлық белгіленген электр станцияларының 93,3 %. Бұл ретте, ЖЭС-тің басым бөлігі, атап айтқанда, 13382 МВт (ЖЭС-тің барлық белгіленген қуатының 69 % жуығы) - бұл негізінен жоғары күлді және төмен рекациялы Екібастұз және Бөрілі көмірлерін пайдаланатын энергия өндірудің бу-турбиналық технологиясы бар көмір станциялары. Шағын ГЭС қуатын ескере отырып, ГЭС қуаты Қазақстан электр станцияларының жиынтық қуатының небәрі 12,5 % -ын құрайды, бұл жүктемелердің ауыспалы бөлігін және әсіресе ең жоғары жүктемелерді жабу үшін жеткіліксіз. Жаңартылатын энергия көздерінің үлесі аз және 4 % -дан кем, ал олар өндіретін электр энергиясының үлесі осы көрсеткіштен де аз.

Бу-турбиналық технологиясы бар көмір электр станцияларының едәуір үлесінің болуы (69 %) негізінен саланы жаңғырту стратегиясын айқындайтын болады. Таяу перспективада көмір елдің энергетикасында әлі де елеулі рөл атқаратынын атап өту қажет. Бірақ ЖЭС-те көмірді қолдану станцияларда көмірді тиімді және экологиялық таза жағуды қамтамасыз ету үшін не қолданыстағы жабдықты жаңғырту жолымен, не оны неғұрлым заманауи жабдыққа толық ауыстыру жолымен айтарлықтай жұмыстар жүргізуді талап етеді. Мұндай жұмыстарды жүргізу қазақстандық ЖЭС-терде пайдаланылатын көмірдің төмен сапасымен айтарлықтай қиындық туғызатын болады. Бұл ретте, көмірлі ЖЭС негізгі үлесі 60-70 жылдары пайдалануға берілгенін атап өту қажет. Қайта жаңарту және өз ресурсымен жұмыс істеп болған қолданыстағы жабдықты ауыстыру бойынша тұрақты жүргізіліп жатқан жұмыстарға қарамастан, ЖЭС қуаттарының 55 % -дан астамы 30 жылдан астам жұмыс істейді.

Жалпы, өзінің салыстырмалы түрде «егде жасына» қарамастан, ЖЭС-тің негізгі жабдығы станцияларда жабдықты жұмысқа қабілетті күйде ұстау бойынша жүргізілетін жұмыстарға байланысты, сондай-ақ энергетикалық жабдықтың едәуір беріктік қорына байланысты жұмыс істеуін жалғастыруда. Бірақ, екінші жағынан, 60 және 70 жылдары жасалған жабдықтардың, өзінің физикалық және моральдық тозуынан басқа, энергия тиімділігі мен экологиялық тазалығы бойынша перспективалы көрсеткіштердің орындалуын қамтамасыз ете алатындай оларды жаңғыртуды жүргізу үшін әлеуеті жоқ. Бұл сондай-ақ осы станцияларды салу кезінде қабылданған құрамдастыру шешімдеріне байланысты жабдықты жаңғырту бойынша жұмыстарды жүргізу үшін жұмыс алаңындағы қажетті бос алаңдардың болмауымен қиындатылады. Қазақстанның электр энергетикасы саласын дамыту стратегиясы мен саясатын табысты орындау үшін электр энергиясын өндіру сегментінде мынадай міндеттерді шешу қажет:

- 1) өсіп келе жатқан тұтыну кезінде электр энергиясына сұраныс пен ұсыныс теңгерімін сақтау;
- 2) энергия тиімділігін арттыру, қоршаған ортаға әсерді азайту және қуат резервін ұлғайту үшін оларды жаңғырту және реконструкциялау жолымен қолданыстағы электр станцияларында қуатты қалпына келтіру және электр энергиясын өндіру;
- 3) өзінің нормативтік мерзімін жұмыс істеп болған жабдықтарды неғұрлым жетілдірілген жаңа буын жабдықтарын (тиімді және экологиялық «таза») орнату жолымен алмастыру;
- 4) ішкі қажеттіліктерді қанағаттандыру үшін, генерациялайтын қуаттардың құрылымын жақсарту, арнайы ең жоғары және резервтік қуаттар құру үшін табиғи және ілеспе мұнай газын (Қазақстанның батыс энергетикалық аймағында, Ақтөбе облысында және қолданыстағы және жаңа газ құбырлары әрекет ететін аймақта) және гидро электр станцияларын (оңтүстік аймақта және ШҚО-да) пайдалана отырып, қолданыстағы электр станцияларында жаңа қуаттарды енгізу және жаңа газ электр станцияларын салу ;
- 5) жаңартылатын энергия көздері базасында бәсекеге қабілетті электр станцияларын дамыту;
- 6) Қазақстанның электр энергетикасы саласында қолданыстағы электр станцияларын жаңғыртуды жүргізу және жаңа электр станцияларын салу мүмкіндігін қамтамасыз ететін жаңа тарифтік және инвестициялық саясат әзірлеу.

#### **1.1.1. Отын түрлері бойынша энергия көздерінің құрылымы**

Ағымдағы 2020 жылдың 1 қаңтарына барлық қазақстандық электр станцияларының белгіленген қуаты 22 936,6 МВт, қысқы кезең бойынша қолда бар қуаты - 19 329,7 МВт , қуат алшақтығы - 3 607 МВт құрады.

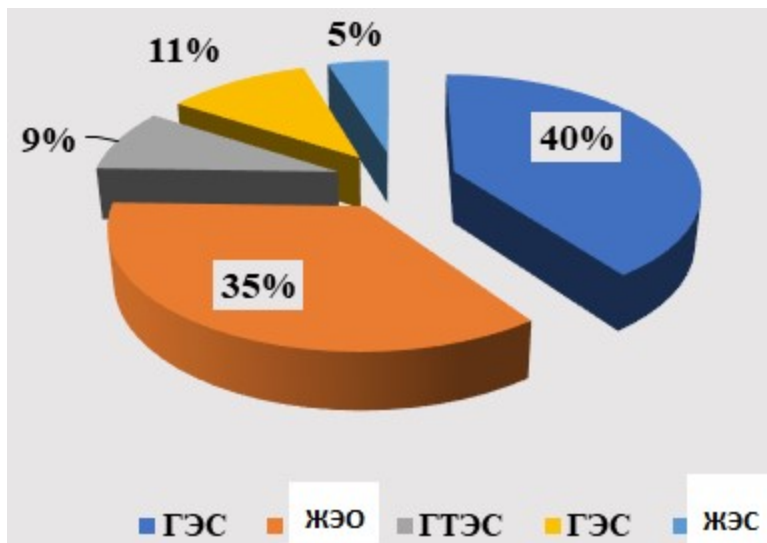
1.1-кестеде және 1.2-суретте электр станциясының құрылымы (типi) және пайдаланылатын бастапқы энергия ресурстары бойынша деректер келтірілген.

1.1-кесте. Пайдаланылған энергия ресурстарының типі бойынша Қазақстан Республикасының электр станцияларының құрылымы

Р/с №	Электр станциясының типі	Қуаты, МВт	% үлесі
1	2	3	4
1	Қазақстан Республикасының барлық электр станцияларының белгіленген қуаты	22 936,6	100
2	оның ішінде, жылу электр станциялары - ЖЭС	19389,1	84,53
3	оның ішінде, бу-турбиналық БЭС	17389,9	75,82
4	оның ішінде шаң көмір	13 382,0	58,34
5	Екібастұз көмірінде	10 942,0	47,71
6	Бөрілі және Қарағанды көмірін байытудың өнеркәсіптік өнімі	1 885,0	8,22
7	Қаражыра көмірінде	542,5	2,37
8	Майкөбе көмірінде	12,5	0,05
9	газда және мазутта	3 991,5	17,4
10	Газ турбиналы ЖЭС	1999,6	8,72
11	ЖЭС	282,2	1,23
12	КЭС	597,6	2,61
13	ГЭС	2666,6	11,63
14	Оның ішінде кіші ГЭС	207,1	0,9
15	Биогаз	1,067	0,005

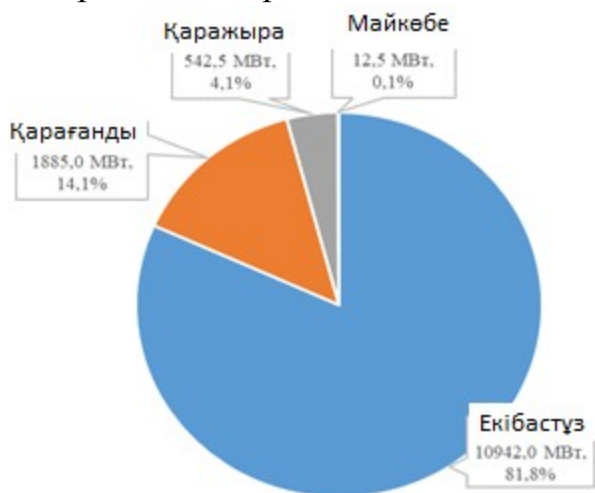
Қазақстанның электр энергетикасының негізін - 19 389 МВт жылу электр станциялары немесе елдің барлық белгіленген электр станцияларының 84,5 % құрайтынын, бұл ретте ЖЭС-тің басым бөлігі - бұл бу-турбиналық көмір станциялары, олардың жиынтық қуаты 13 382 МВт, бұл Қазақстан Республикасының барлық ЖЭС қуатының 69 %-ын құрайды немесе Қазақстанның барлық электр станциялары қуатының 58,3 % -ын құрайтынын көрудеміз. Бұл ретте, төмен сұрыпты Екібастұз көмірінде жұмыс істейтін ЖЭС 47,7 % -ды құрайды, яғни көмір ЖЭС белгіленген қуатының 83 % -ын құрайды. Бөрілі көмірі мен Қарағанды көмірін байыту өнеркәсіптік өнімі белгіленген жиынтық қуаты 1885 МВт электр станцияларында пайдаланылады, бұл көмір ЖЭС жиынтық қуатының 14,1 %-ын немесе Қазақстанның барлық электр станциялары қуатының 8,2 %-ын құрайды.





1.2-сурет. Электр станцияларының типі бойынша Қазақстан Республикасының ЖЭС белгіленген қуатының құрылымы

1.3-суретте пайдаланылатын көмір түрі бойынша генерациялайтын қуаттарды бөлу диаграммасы берілген.



1.3-сурет. Пайдаланылатын көмір түрі бойынша генерациялайтын қуаттарды бөлу  
 Көмір электр станциялары Қазақстанның солтүстік және оңтүстік энергетикалық аймақтарында орналасқан және олар елдің энергетикасының негізін құрайды. Газ тәрізді отынды пайдаланатын электр станциялары барлық үш энергетикалық аймақта орналасқан. Облыстар бөлігінде электр энергиясын өндірудегі бу-турбиналық және газ турбиналық станциялар құрамында ЖЭС отын құрылымы 1.2-кестеде көрсетілген. Мазутты көмір станцияларында жағу отыны ретінде пайдалану ескерілмейді.

1.2-кесте. Энергетикалық аймақтар мен облыстар бөлігіндегі отын бойынша ЖЭС құрылымы

Р/с №	Энергетикалық аймақ, облыстар	ЖЭС белгіленген жиынтық қуаты	Көмір ЖЭС белгіленген қуаты	Газды-мазут ЖЭС белгіленген қуаты
1	2	3	4	5
		19489,1	13509	

1	БАРЛЫҒЫ	(100 %)	(69,3 %)	5980,1 (30,7 %)
1.1	Солтүстік аймақ	13603,6	12644,5	959,1
1.1.1	Ақмола облысы	682	682	-
1.1.2	Ақтөбе облысы	654,1	-	654,1
1.1.3	Шығыс Қазақстан облысы	542,5	542,5	-
1.1.4	Қарағанды облысы	2752	2563	189
1.1.5	Қостанай облысы	283	267	16
1.1.6	Павлодар облысы	8049	8049	-
1.1.7	Солтүстік Қазақстан облысы	541	541	-
2	Оңтүстік аймақ	2460,8	864,5	1596,3
2.1	Алматы облысы	852	852	-
2.2	Жамбыл облысы	1290	-	1290
2.3	Қызылорда облысы	116,3	-	116,3
2.4	Түркістан облысы	202,5	12,5	190
3.	Батыс аймағы	3424,7	-	3424,7
3.1	Атырау облысы	1565,5	-	1565,5
3.2	Батыс Қазақстан облысы	400,3	-	400,3
3.3	Маңғыстау облысы	1458,9	-	1458,9

Газды-мазут (негізінен газ) энергетикасының үлесі Қазақстан электр станцияларының барлық жиынтық қуатының 26 % -дан астамын құрайды және газ электр энергетикасының негізгі дамуы соңғы жылдары негізінен бу-газ және газ-турбиналық электр станцияларын дамыту есебінен жүзеге асырылады. Газ энергетикасы негізінен Қазақстанның батысында дамып келеді, бұл осы өңірде Қазақстанның көптеген мұнай-газ кен орындарының болуына байланысты.

Гидроэлектр станцияларының үлесі 11,6 %-ды, ЖЭК үлесі - 0,9 %-ды құрайды. Гидроэлектр станцияларының шамалы үлесі Қазақстандағы ең жоғары жүктемелерді жабу үшін реттеуші қуаттардың жетіспеушілігіне алып келеді, олардың жетіспеушілігі Ресей мен Орта Азиядағы энергия жүйелерінен олардың импортымен жабылады.

Қазақстанның электр энергетикасын дамытудың қолда бар болжамдары көмір энергетикасының озық дамуын көрсетеді. Қазақстанның электр станцияларын алдағы жаһандық жаңғырту да, негізінен, көмір электр станцияларымен байланысты екенін атап өткен жөн.

Өткен ғасырдың екінші жартысында Қазақстанның көмір энергетикасының басым дамуына оның аумағында энергетикалық көмірді қоса алғанда, елеулі көмір қорының болуы ықпал етті. Бұл ретте, Қазақстанның көмір энергетикасын дамытуда Екібастұз

бассейні, ондағы тас көмірдің мол қоры неғұрлым маңызды рөл атқарды. Көмірді ашық әзірлеу, өнімділігі жоғары техниканы қолдану, салыстырмалы түрде төмен ашу коэффициенті, кен орнының ықшамдылығы көмірдің әлемдегі ең төмен құнын қамтамасыз етуге мүмкіндік берді. Екібастұз көмірінің базасында Қазақстанның барлық ірі көмір электр станциялары, сондай-ақ Ресейдің бірқатар электр станциялары жұмыс істейді. Екібастұз көмірін ЖЭС-те отын ретінде пайдалану Қазақстанның электр энергиясы мен қуатының көтерме сауда нарығындағы электр энергиясының құнын айқындайтын неғұрлым арзан және бәсекеге қабілетті электр энергиясын өндіруге мүмкіндік береді. Екібастұз көмірінің қоры оны өндірудің қазіргі деңгейі кезінде 130 жылдан астам уақытқа жетеді.

Қазақстан аумағында Бөрілі, шұбаркөл, қаражыра, Майкөбе сияқты бірқатар ірі көмір кен орындарын игеру жүзеге асырылып жатқанын атап өткен жөн, алайда оларды Қазақстанның ЖЭС-терінде пайдалану деңгейі Екібастұзбен салыстырғанда салыстырмалы түрде шамалы. Осылайша, газ-мазут отынының (ең жоғары экспорттық әлеуетке ие) барған сайын өсіп келе жатқан құны аясында төмен экспорттық әлеуетке ие (шұбаркөл көмірін қоспағанда) салыстырмалы арзан энергетикалық көмірдің болуы орта мерзімді перспективада көмір энергетикасын озық дамыту перспективасы анық көрінеді.

Қазақстанның электр энергетикасын әлемдегі байқалатын үрдістермен салыстыру көрсеткендей, қазіргі уақытта әлемдік электр энергетикасында технологиялық отынның неғұрлым кең тараған түрі көмір болып табылады, алайда бұл отын неғұрлым «лас» деп есептеледі. Бұл отынның осы түрінің салыстырмалы арзандығымен және кең таралуымен түсіндіріледі. Көмірді пайдалана отырып энергия өндіру кезінде атмосфераға ластағыш заттар шығарындыларының деңгейі жоғары, бұл қоршаған ортаға айтарлықтай зиян келтіреді. Бірақ соңғы 30-40 жылда әлемде көмірді тиімділігі жоғары және қоршаған ортаға әсері аз электр энергиясын өндіру үшін пайдалануға мүмкіндік беретін түрлі технологиялар пайда болды.

Соңғы жылдары әлемдік электр энергетикасында газды пайдаланудың айтарлықтай өсуі оны өндірудің айтарлықтай өсуімен, отынның осы түрін қолдануға негізделген электр энергиясын өндірудің тиімділігі жоғары технологияларының пайда болуымен, сондай-ақ қоршаған ортаны қорғау жөніндегі саясаттың қатаңдатылуымен түсіндіріледі. Электр энергиясын өндіру кезінде газды пайдалану атмосфераға зиянды заттардың, бірінші кезекте көмірқышқыл газының шығарылуын қысқартуға мүмкіндік береді. Қазақстанның отын энергетикасының осы секторын дамыту негізінен батыс (елдің негізгі мұнай-газ кен орындары шоғырланған) және ішінара Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде газ құбырлары өтетін аймақта жүзеге асырылады.

Соңғы 5 жылда Қазақстанның жылу электр станцияларында әртүрлі отын түрлері шығынының өзгеру динамикасы 1.3-кестеде келтірілген. Жалпы, отын шығысының динамикасы Қазақстандағы электр энергиясын тұтыну және өндіру динамикасын

көрсетеді, яғни көмір мен газ шығынының өсуі байқалады. Қымбат тұратын мазут шығыны төмендеу үрдісіне ие. Мазут станцияларда негізінен жағу ретінде және жарықтандыру үшін және сирек жағдайда негізгі ретінде пайдаланылады.

1.3-кесте. 2015-2019 жылдары Қазақстан Республикасының электр станцияларының отын шығыны [27]

Р/с №	Отын	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7
1	Көмір, млнт	50,3	59,6	53,4	58,1	57,4
2	Мазут, мың.т	442,9	445,2	242,8	259,4	244,2
3	Газ, млнм <sup>3</sup>	4 572,0	5 791,7	5 872,8	4 719,5	4 858,1

1.4-кестеде Қазақстанның электр аймақтары бөлігінде 2018 және 2019 жылдары ЖЭС-терге отын шығыны бойынша деректер келтірілген.

1.4-кесте. Қазақстан Республикасының энергетикалық аймақтары бойынша 2018-2019 жылдары электр станциялары мен қазандықтарының отын шығындары [27]

Р/с №	Энергетикалық аймақ	2018 ж.			2019 ж.		
		Көмір	Мазут	Газ	Көмір	Мазут	Газ
		мың шот	мың шот	мың шот	мың шот	мың шот	мың шот
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Қазақстан Республикасының солтүстік аймағы	30551,6	263,0	856,8	30213,4	266,9	858,2
2	Қазақстан Республикасының оңтүстік аймағы	2447,2	103,4	1477,6	2399,7	74,5	1507,3
3	Қазақстан Республикасының батыс аймағы	-	-	3134,8	-	2,8	3264,0

Кестеден көрініп тұрғандай, Қазақстанның солтүстік аймағында көмір ЖЭС-терінде пайдаланылатын барлық көмірдің 90 %-дан астамы, газ-мазутты ЖЭС-терде тұтынылатын газдың 10-15 %-ы тұтынылады. Солтүстік аймақта газдың айтарлықтай

шығыстарының көп болуы Ақтөбе облысында (мұнай-газ кен орындарының едәуір санының болуы) және Қостанай облысында (газ құбырының болуы) газды негізгі ретінде пайдалануға байланысты. Газдың 55 % -дан астамы батыс аймақтың ЖЭС-терінде жағылады. Оңтүстік Қазақстандағы ЖЭС-те газдың 25 %-дан астамы пайдаланылады.

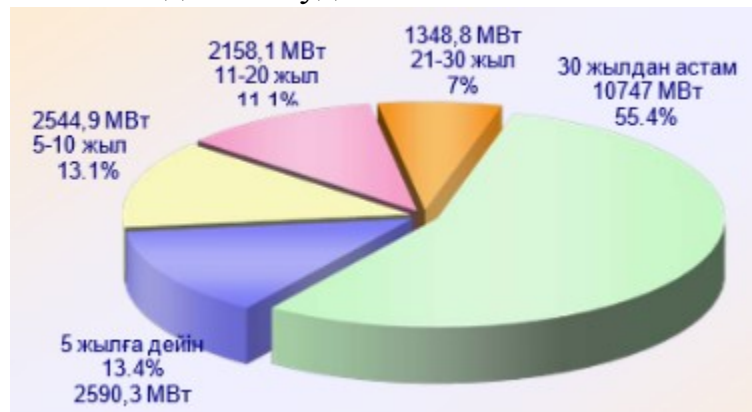
### 1.1.2. Пайдалану мерзімі бойынша дереккөздердің құрылымы.

01.01.2020 жылғы жағдай бойынша Қазақстанның барлық электр станцияларының белгіленген қуаты 22936,6 МВт құрады. Бұл ретте қолда бар қуат күзгі-қысқы кезеңде (генерациялайтын жабдықтың ең жоғары дайындығы кезеңі) 19389 МВт құрады, яғни, түрлі себептерге байланысты қуаттың алшақтығы шамамен 3610 МВт немесе Қазақстан Республикасының электр станцияларының жиынтық қуатының шамамен 16 % -ын құрады, бұл ретте СЭС қуатының алшақтығы 42 % -ды құрады. Қазақстанның ЖЭС жиынтық қуаты 19389 МВ тең болған кезде олардың бар қуаты 17257 МВт құрады, қуаттың алшақтығы тиісінше 2132 МВт немесе 11 %.

Бірқатар басқа себептерден басқа, себептердің бірі, қолданыстағы генерациялайтын жабдық қуатының алшақтығы пайда болуы жабдықтың (қазандық, турбина, қосалқы жабдық) жасына байланысты.

Жүйелік оператордың 2020 жылғы 1 қаңтардағы мәліметі бойынша, 19389 МВт (Қазақстан Республикасының ЖЭС жалпы белгіленген қуаты) - 10 052 МВт немесе 55,4 % 30 жастан асады. Гидроэлектр станцияларында жиынтық қуаты 1 840 МВт немесе СЭС белгіленген қуатының шамамен 69 % (2 666,6 МВт) генерациялайтын жабдық та 30 жастан асады.

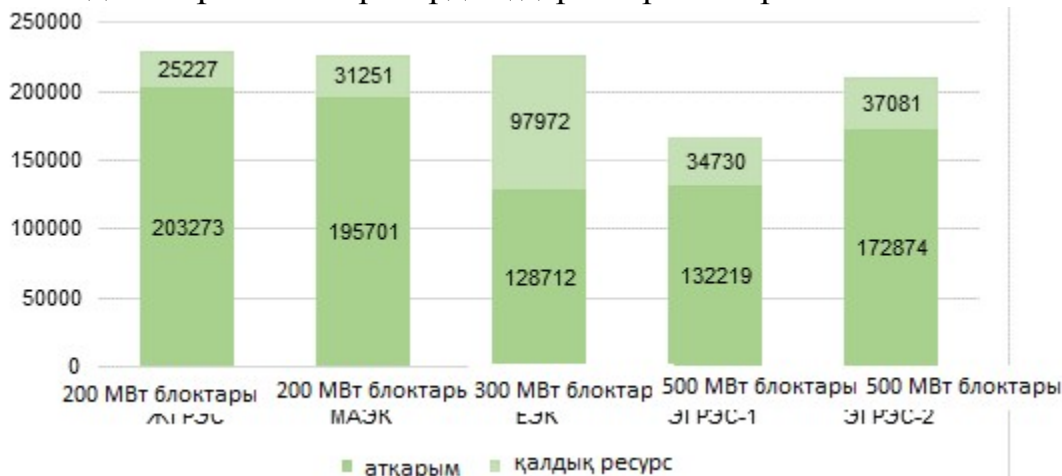
1.4-суретте Қазақстан Республикасының ЖЭС генерациялайтын қуаттарының жасы және осы жасқа сәйкес қуаттары бойынша құрылымы келтірілген. Қазақстан Республикасының ЖЭС генерациялайтын қуаттарының 50 % -дан астамы 30 жылдан астам пайдаланылуда.



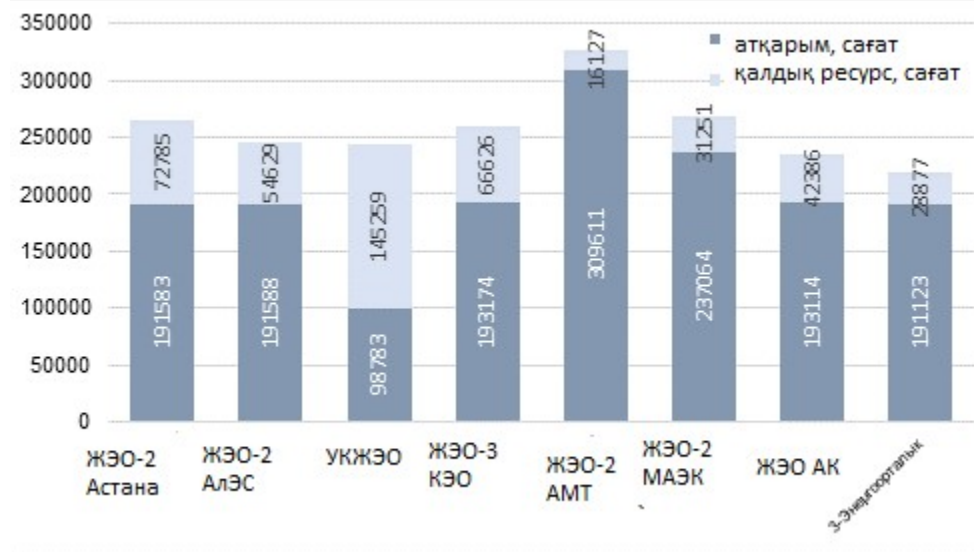
1.4-сурет. Жасына байланысты Қазақстан Республикасының генерациялайтын қуаттарының құрылымы [27]

Сонымен қатар, жалпы қуаттылығы 2 860 МВт 145 турбоагрегаттың 38-ің, яғни жабдықтың белгіленген бірліктерінің жалпы санының шамамен 26 % -ың пайдаланымдық ресурстары таусылды. Оған қосымша 5 жыл ішінде жалпы қуаты 4 280 МВт 35 турбоагрегат немесе жабдықтың белгіленген бірліктерінің жалпы санының 24 % -ы өзінің парктік ресурсын тауысады. Электр жабдығының қазіргі тозуы және электр тұтынудың тұрақты өсуі қолданыстағы жабдықты жөндеуге және жаңа генерациялайтын қуаттарды дамытуға айтарлықтай инвестициялар қажеттілігіне алып келеді.

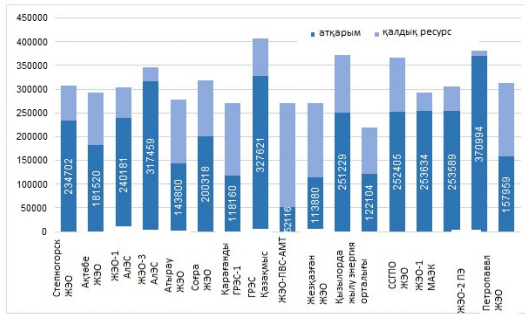
1.5-1.8-суреттерде блоктық станциялардың генерациялайтын жабдықтарын (200, 300 және 500 МВт), сондай-ақ бу қысымы 130 және 90 кг/см<sup>2</sup> турбоагрегаттарды әзірлеу жөніндегі Жүйелік оператордың деректері келтірілген.



1.5-сурет. Блоктық ЖЭС генерациялайтын жабдығының орташа істеген жұмысы



1.6-сурет. Бу қысымы 130 кг/см<sup>2</sup> турбоагрегаттардың орташа істеген жұмысы



1.7-сурет. Бу қысымы 90 кг/см<sup>2</sup> турбоагрегаттардың орташа істеген жұмысы 1.5-кестеде облыстар бөлігінде ЖЭС генерациялайтын жабдықтың орташа істеген жұмысы бойынша деректер келтірілген. Көріп отырғанымыздай, ең үлкен жұмыс Қазақстандағы негізгі электр энергиясын жеткізуші Павлодар облысының электр станцияларында байқалады.

1.5-кесте. Облыстар бөлінісіндегі ЖЭС орташа істеген жұмысы және парктік ресурсы

Р/с №	Облыс	Орташа жұмыс істеуі, сағат	Парктік ресурс, сағат	Орташа қалған ресурс, сағат
-------	-------	----------------------------	-----------------------	-----------------------------

1	2	3	4	5
1	Ақмола	253 137	287 841	34 704
1.1	%	87,9	100	12,1
2	Алматы	284 340	328 418	44 078
2.1	%	86,6	100	13,4
3	Ақтөбе	204 050	270 000	65 950
3.1	%	75,6	100	24,4
4	Атырау	143 799	278 500	134 701
4.1	%	51,6	100	48,4
5	Маңғыстау	253 603	301 684	48 081
5.1	%	84,1	100	15,9
6	Шығыс Қазақстан	233 616	311 603	77 987
6.1	%	75	100	25
7	Қарағанды	155 872	309 082	153 210
7.1	%	50,4	100	49,6
8	Қызылорда	122 104	220 000	97 896
8.1	%	55,5	100	44,5
9	Қостанай	252 405	366 090	113 685
9.1	%	68,9	100	31,1
10	Павлодар	370 994	380 704	9 710
10.1	%	97,4	100	2,6
11	Солтүстік Қазақстан	157 959	312 903	154 944
11.1	%	50,5	100	49,5
12	Түркістан	191 124	220 000	28 876
12.1	%	86,9		13,1

13	Барлығы	221 080	306 075	84 995
13.1	%	72,2	100	27,8

### 1.1.3. Географиялық тиесілігі бойынша объектілер

Қазақстанның электр энергетикасының негізі жылу электр станциялары (Қазақстан Республикасының электр станцияларының барлық белгіленген қуатының 76 %) болып табылады, арзан Екібастұз және Бөрілі көмірлеріне негізделген көмір электр энергетикасының үлесі барлық ЖЭС қуатының 76 % -дан астамын құрайды. Көмір кен орындары, негізінен, Солтүстік және Орталық Қазақстанда шоғырланған, мұнда электр энергиясының негізгі көздері де орналасқан. Бұл өңірлер электр энергиясымен өздігінен қамтамасыз етілген және оның артық болуы ықтималдығынан ішкі және сыртқы электр энергиясы нарықтарына ұсынылуы мүмкін. Мұнай-газ кен орындары негізінен Батыс Қазақстанда, сондай-ақ ішінара Қарағанды облысында орналасқан. Энергетикалық жағынан Қазақстан Республикасының аумағы үш аймаққа бөлінеді: Оңтүстік, Батыс және Солтүстік.

#### Қазақстанның оңтүстік энергетикалық аймағы (ҚОЭА)

Құрамына Алматы, Жамбыл, Қызылорда, Оңтүстік Қазақстан облыстары кіретін Оңтүстік энергетикалық аймақ, елдің ірі мегаполисі - Алматы қаласы ортақ желімен біріктірілген және Орталық Азия Біріккен энергия жүйесімен (Қырғызстан және Өзбекстан) дамыған электр байланысы бар. 1998 жылы Оңтүстік аймақ Солтүстік аймақпен қатар жұмыс істеуге қосылған. Қазіргі уақытта Оңтүстік Қазақстан электр энергиясы мен қуаты жағынан өткір тапшы болып табылады, оның үстіне барлық төрт облыс та энергияға тапшы болып табылады. Оңтүстік Қазақстанның электр энергетикасы әкелінетін көмірлерге (Екібастұз көмірі және Қарағанды көмірін байыту өнеркәсіптік өнімдері) және газ импортына негізделген.

ҚОЭА электр станцияларының белгіленген қуаты - 3808,7 МВт (Қазақстан Республикасының барлық ЭЖ жиынтық қуатының үлесі - 16,6 %):

оның ішінде:	МВт
бу-турбиналық ЖЭС	2 430
газ турбиналық ГЖЭС	30,8
Гидроэлектр станциялары	892
КЭС	375,6
ЖЭС	80,3
Ең ірі станциялар:	
<b>Алматы облысы</b>	1 732,1
Алматы ЖЭО-2 (көмір)	510
Қапшағай ГЭС	364
Мойнақ ГЭС	300
КЭС-Шу-100	100
<b>Жамбыл облысы</b>	1 458,7



Жамбыл МАЭС (газ)	1230
«Burnoye Solar»-1, 2 КЭС ЖШС	100
<b>Түркістан облысы</b>	<b>279,7</b>
«Энергоорталық-3» АҚ (ШЖЭО-3 - газ)	160
«Шардара ГЭС» АҚ	59,2
<b>Қызылорда облысы</b>	<b>121,2</b>
«Қызылорда жылу-электр орталығы» МКК (газ)	97,8

### Қазақстанның батыс энергетикалық аймағы (ҚБЭА)

Құрамына Атырау, Батыс Қазақстан, Маңғыстау облыстары кіретін батыс аймағы өзінің географиялық алыстығына және электр байланыстарының жоқтығына байланысты Қазақстан БЭЖ қалған бөлігінен оқшауланып жұмыс істейді және онымен бірыңғай технологиялық процеспен байланысты емес.

Батыс аймағының энергия шаруашылығы үш энергия торабынан тұрады және Ресеймен электр байланысы бар, бұл ретте Маңғыстау, Атырау және Батыс Қазақстан энергия тораптары ортақ электр желісімен біріктірілген. Энергия торабының шамалы тапшылығы оны Ресейден импорттау есебінен жабылады. Батыс Қазақстан өңірінде көмірсутек отынының елеулі меншікті қоры бар. Қолда бар отын ресурстарын әзірлеумен қысқа мерзімде өзінің қажеттіліктерін қамтамасыз ету және қажет болған жағдайда экспорттық ресурстар құру мүмкіндігі туындайды.

Барлық электр станцияларының белгіленген қуаты (ҚБЭА) - 3528, 1 МВт (15,4 %):

оның ішінде:	МВт
бу-турбиналық ЖЭС	1 874
газ турбиналық ГЖЭС	1 550,7
КЭС	2,0
ЖЭС	101,4
Ең ірі станциялар:	
<b>Атырау облысы</b>	<b>1 362</b>
Атырау ЖЭО (газдымазуттық)	414
ГЖЭС-1 (ТШО, газ)	144
ГЖЭС-2 (ТШО, газ)	480
ГЖЭС-3 (ТШО, газ)	242
БГЭС Қашаған (газ)	311,6
БГЖЭС-310 Қарабатан (газ)	310
<b>Маңғыстау облысы</b>	<b>1 499,7</b>
ЖЭО-1 (МАЭК, газ)	75
ЖЭО-2 (МАЭК, газ)	630
ЖЭС (МАЭК, газ)	625
<b>Батыс Қазақстан облысы</b>	<b>400,3</b>
«Жайықжылуэнерго» АҚ (газ)	58,5
ГЖЭС - КПО В.В. (газ)	144,9
ГЖЭС-200 (газ)	100

Қазақстанның солтүстік энергетикалық аймағы (ҚСЭА).

Қазақстанның солтүстік энергетикалық аймағы (бұдан әрі - Солтүстік Қазақстан) Шығыс (Шығыс Қазақстан облысы - ШҚО), Орталық (Қарағанды облысы) және Солтүстік Қазақстанды (Павлодар, Ақмола, Қостанай, Солтүстік Қазақстан, Ақтөбе облыстары) қамтиды. Солтүстік аймақтың энергия тораптары ортақ желімен біріктірілген және Ресеймен байланысы дамыған;

Солтүстік Қазақстанның электр энергетикасы Қазақстанның Бірыңғай энергия жүйесін қалыптастыру орталығы болып табылады, онда электр энергиясы көздерінің басым бөлігі шоғырланған және Қазақстанның БЭЖ-ін Ресейдің БЭЖ-мен байланыстыратын дамыған 220-500-1150 кВ электр желілері бар.

ҚСЭА барлық электр станцияларының белгіленген қуаты - 15 599,8 МВт (68,0 %):

оның ішінде:	МВт
бу-турбиналық ЖЭС	12 975,5
газ-турбиналық ГЖЭС	528,1
гидроэлектр станциялары	1 774,6
КЭС	220,0
ЖЭС	100,5
Биогазды қондырғы (БГК)	1,1
Ең ірі станциялар:	
<b>Шығыс Қазақстан облысы</b>	<b>2 302,1</b>
Бұқтырма ГЭС	675
Өскемен ГЭС	355,6
Шұлбі ГЭС	702
Өскемен ЖЭО (көмір)	372,5
<b>Ақмола облысы</b>	<b>747,8</b>
«Астана-Энергия» ЖЭО-2 АҚ (көмір)	480
«Степногор ЖЭО» ЖШС (көмір)	180
<b>Қарағанды облысы</b>	<b>2 855,1</b>
Топар МАЭС (көмір)	743
«АрселорМиттал Теміртау» ЖЭО-2 АҚ (көмір)	435
«Қарағанда Энергоцентр» ЖЭО-3 ЖШС (көмір)	670
Жезқазған ЖЭО «Kazakhmys Energy» ЖШС (көмір)	252
Қостанай облысы	<b>283</b>
«ССГПО» ЖЭО АҚ (Рудный ЖЭО, көмір)	267
<b>Павлодар облысы</b>	<b>8 049</b>
«Б. Нұржанов атындағы Екібастұз МАЭС1» ЖШС (көмір)	4 000
«Екібастұз МАЭС-2 станциясы» АҚ (көмір)	1 000
«ЕЭК» ЭЖ АҚ (көмір)	2 510
«Қазақстанның Алюминий» ЖЭО АҚ (ПЖЭО-1, көмір)	350
«ПАВЛОДАРЭНЕРГО» ЖЭО-3 АҚ (көмір)	555
<b>Солтүстік Қазақстан облысы</b>	<b>545</b>

Петропавл ЖЭО-2 СЕВКАЗЭНЕРГО	545
<b>Ақтөбе облысы</b>	<b>654,1</b>
«Ақтөбе ТЭО» АҚ (газ)	118
«Казхром» ЭЖ АФЗ ТҮК (БГЭС, газ)	134,8
«СНПС - Ақтөбемұнайгаз" АҚ (газ)	193,8
ЖГТЭС 56 «Ақтөбемұнайқаржы» АҚ	152

Ұлттық маңызы бар электр станцияларына Қазақстан Республикасының электр энергиясының көтерме сауда нарығында электр энергиясын өндіруді және тұтынушыларға сатуды қамтамасыз ететін ірі жылу электр станциялары жатады:

Б.Ғ.Нұржанов атындағы «Екібастұз МАЭС-1» ЖШС;

«Екібастұз МАЭС-2 станциясы» АҚ;

«ЕЭК» АҚ ЭЖ, «Еуразиялық топ»;

«Топар бас тарату энергия станциясы» ЖШС;

Т.И. Батуров атындағы «Жамбыл МАЭС» АҚ,

Сондай-ақ қосымша және Қазақстан Республикасының БЭЖ жүктеме кестесін реттеу үшін пайдаланылатын қуаттылығы жоғары су электр станциялары:

Бұқтырма «Казмырыш» ЖШС,

«Өскемен ГЭС АЭС» ЖШС,

«Шүлбі ГЭС АЭС» ЖШС.

Өнеркәсіптік маңызы бар электр станцияларына ірі өнеркәсіптік кәсіпорындарды және жақын маңдағы елді мекендерді электр-жылумен жабдықтау үшін қызмет ететін электр және жылу энергиясын аралас өндіретін ЖЭО жатады:

«Қарағанды энергия орталығы» ЖЭО-3 ЖШС;

БАС ЖЭО, «Арселор Миттал Теміртау» АҚ ;

«ССГПО» ERG ЖЭО АҚ, «Еуразиялық топ»;

2019 жылы 105 193,1 млн кВт \* сағ тұтыну кезінде электр энергия өндіру 106 029,8 млн кВтс құрады, оның ішінде:

жылу электр станциялары 85955,0 млн кВт \* сағ (81 %)

гидроэлектр станциялары 9984,9 млн кВт \* сағ (9,4 %)

газ турбиналы электр станциялары 8975,6 млн кВт \* сағ (8,5 %)

жел электр станциялары 701,9 млн кВт \* сағ

күн электр станциялары 409,4 млн кВт \* сағ

биогаз қондырғылары 3,0 млн кВт \* сағ

2019 жылы Қазақстан Республикасында 106029,8 млн кВт \* сағ көлемінде электр энергиясын өндіру кезінде жылу электр станциялары 85 955,0 млн кВт \* сағ өндірді, бұл елдегі барлық өндірілген электр энергиясының 81 % -дан астамын құрайды. Газ турбиналы станциялар 8975,6 млн кВтс (8,5 %) өндірді. Су электр станциялары 9984,9 млн кВт \* сағ немесе 9,4 % өндірді. Жаңартылатын энергия көздері (КЭС, ЖЭС және БГК) 1114 млн кВтс өндірді, бұл энергияның жалпы өндірісінің 1 % -ын құрады (ЖЭК

белгіленген қуаты кезінде Қазақстанның барлық станцияларының белгіленген қуатының 4 %-ға жуығы).

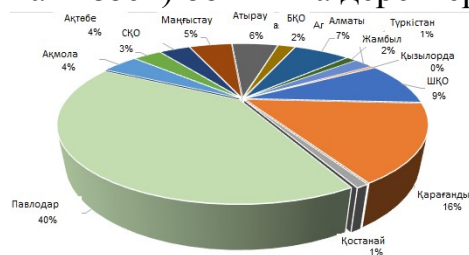
Электр энергиясының үлкен үлесін жылу электр станциялары өндірді - 85 955,0 млн кВт \* сағ немесе барлық өндірілген энергияның 81 %.

1.6-кестеде жалпы Қазақстан бойынша және энергетикалық аймақтар бойынша электр энергиясын тұтыну және өндіру бойынша деректер келтірілген. Солтүстік аймақта оңтүстік аймақта байқалатын электр энергиясының айтарлықтай тапшылығын жабатын өндірілген энергияның үлкен профициті байқалады. Батыс аймағында электр энергиясын тұтыну өз өндірісімен теңгеріледі.

1.6-кесте. Қазақстанның энергетикалық аймақтары бойынша электр энергиясын өндіру және тұтыну

Р/с №	Өңір	Тұтыну, млн кВт * сағ	Өндіріс, млн кВт * сағ
1	2	3	4
1	Қазақстан	105 193,1	106 029,8
2	Солтүстік аймақ	69 053,6	81 653,4
3	Батыс аймақ	13 458,8	13 374,5
4	Оңтүстік аймақ	22 689,7	11 001,9

1.8-суретте облыстардың Қазақстандағы электр энергиясын өндіруге салымы ( пайызбен) бойынша деректер келтірілген.



1.8-сурет. Жылу электр станцияларының облыстар бойынша электр энергиясын өндіру үлесі

Суретте көрсетілгендей, электр энергиясының негізгі көлемі солтүстік аймақта - 81653,4 млн кВт \* сағ (2019 ж) өндіріледі, бұл Қазақстан Республикасындағы барлық өндірісінің 77 %-ын құрайды.

Электр энергиясын өндірудегі Павлодар облысының үлесі 40,0 %-ды құрайды, онда ЕМАЭС-1,2, «ЕЭК» ЭЖ АҚ-ның ірі көмір электр станциялары, онда орналасқан Екібастұз кен орнының көмірін пайдаланатын Павлодар ЖЭО-лары орналасқан.

Қарағанды облысының электр энергиясын өндіруге қосқан үлесі 16 %-ды құрайды. Облыста ҚР 670 МВт қуаты бар ірі ТЭО-3, Қазақмыс МАЭС - 743 МВт, ЖЭО-2 АМТ - 435 МВт орналасқан. Қарағанды облысының ЖЭС-і отын ретінде Екібастұз және Бөрілі көмірлерін, сондай-ақ Қарағанды көмірін байыту өнеркәсіптік өнімдерін пайдаланады. ГТЭС-да газ пайдаланылады.

ШҚО-ның электр энергиясын өндіруге қосқан үлесі 9 %-ды құрайды. Облыста Қазақстанның ең ірі ГЭС-тері: Шұлбі - 702 МВт, Бұқтырма - 675 МВт, Өскемен - 355,6

МВт, сонымен қатар ӨЖЭО - 372,5 МВт. Өңірдің ЖЭО-лары Қаражыра көмірін пайдаланады.

#### 1.1.4. Өндірістік қуаттары бойынша объектілер

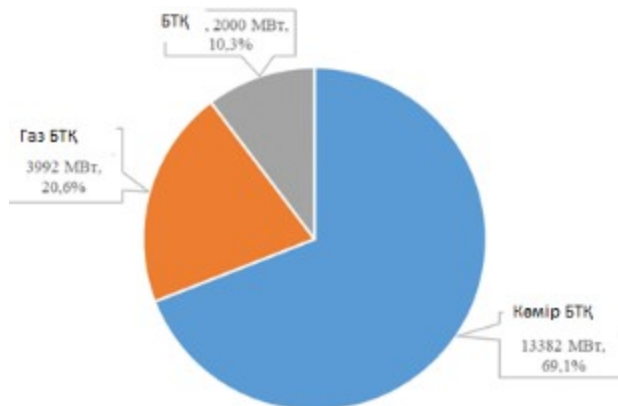
Қазақстан Республикасының Энергетика министрлігінің деректері бойынша қазіргі уақытта елде электр энергиясын өндіру мен тұтынудың өсуі байқалады (1.9-сурет), сондай-ақ перспективалық кезеңде жалғасатын болады. 2020 - 2025 жылдар кезеңінде электр энергиясын тұтынудың орташа өсу қарқыны 2 %-ды құрайды және 2020 жылғы 110,1 млрд кВт \* сағаттан 2025 жылы 120,9 млрд кВт \* сағатқа дейін ұлғаяды, электр энергиясы өндірісінің орташа жылдық өсу қарқыны осы кезеңде 3 %-ды құрайды. Осының нәтижесінде электр энергиясының профициті 2020 жылғы 6,3 млрд кВт \* сағатпен салыстырғанда 14,1 млрд кВт \* сағатты құрауы мүмкін. 2020 жылдан бастап ең жоғары электр жүктемесіне қажеттілік 2025 жылы 18 205 МВт-тан 20 262 МВт-қа дейін өседі. Қазақстанның электр станциясының жалпы белгіленген қуаты осы кезеңде 2020 жылғы 23 867 МВт-тан 2025 жылы 27 017 МВт-қа дейін 13,2 %-ға өседі.

1.9-суретте ұсынылған Қазақстан Республикасында электр энергиясын өндіру мен тұтынудың өзгеру диаграммасында 2015-2019 жылдардағы кезеңде бұрын байқалған электр энергиясын өндіру профицитінің 2019 жылы азайғаны көрінеді. Бұл жерде себептер жеткілікті, бірақ бұл электр энергиясын өндіру сегментінде қажетті шаралар қабылданбаған жағдайда таяу болашақта электр энергиясының тапшылығы мүмкіндігін көрсетеді.



1.9-сурет. Қазақстан Республикасында электр энергиясын өндіру және тұтыну 2025 жылға қарай барлық электр энергиясы өндірісінің 28 %-ы станцияларға, сондай-ақ қолданыстағы станцияларда пайдалануға берілген жаңа генерациялайтын жабдықтарға тиесілі болады, бұл электр энергетикасына қосымша күрделі қаржы салу қажеттігін көрсетеді. Бұл ретте электр станцияларының негізгі жабдықтарының тозуы жылдан жылға ұлғая отырып, 60 %-дан асатынын көрсету қажет, бұл апаттық жағдайлардың өсуіне әкеп соғады.

1.10-суретте энергия өндіру технологиясы бойынша Қазақстанның жылу электр станциялары құрылымының диаграммасы берілген.



1.10-сурет. Энергия өндіру технологиясы бойынша Қазақстанның ЖЭС құрылымы Сарапшылардың есебі бойынша, Қазақстан экономикасының дамуы аясында электр энергиясын тұтыну 2030 жылға қарай 136 млрд кВт \* сағатқа дейін, 2050 жылға қарай 172 млрд кВт \* сағатқа дейін өседі. Қазақстанда электр энергиясына деген сұраныстың өсуі және өз ресурсын пайдаланған жабдықтарды, ал болашақта толық ескі электр станцияларын пайдаланудан шығару жаңартылатын энергия көздерінің белгіленген қуатын қоспағанда, 2030 жылға қарай 11-12 ГВт және 2050 жылға қарай 32-36 ГВт жаңа қуаттарды айтарлықтай салуды талап етеді.

Қазақстанда электр энергиясының 90 % -ға жуығы органикалық отынды, әсіресе көмір мен табиғи газды пайдалана отырып, жылу электр станцияларында өндіріледі. Жүйелік оператордың деректері бойынша 2020 жылғы 1 қаңтарға Қазақстанның жылу электр станцияларының жалпы белгіленген қуаты 19389 МВт құрады, оның ішінде 10 052 МВт немесе 53 %-ның жасы 30 жылдан асады, гидроэлектр станцияларының белгіленген қуаты - 2 636,7 МВт, оның ішінде 1 840 МВт немесе шамамен 69 %-ның жасы 30 жылдан артық.

#### **Қазақстанның ірі көмір электр станциялары:**

1. Екібастұз МАЭС-1 («Самұрық-Энерго» АҚ активі): белгіленген 3 500 МВт қуаты бар станция, 2020 жылы өндіріс көлемі 19,5 млрд кВт \* сағ болды. Бес жыл ішінде станцияда күрделі жөндеулер жүргізу жолымен бірнеше блоктар қалпына келтірілді, нәтижесінде генерацияның орташа өсу қарқыны 23,7 % -ды құрады. Станция еліміздің оңтүстік Қазақстан, Ақтөбе облысы сияқты энергия тапшылығы аймақтарын электр энергиясымен қамтамасыз етеді, сондай-ақ Ресейге экспорттауды жүзеге асырады.

2024-2025 жылдар кезеңінде № 1 энергия блогын қалпына келтіру компанияның жоспарларында бар.

2. ЕЭК электр станциясы (ERG энергетикалық активі). Белгіленген қуаты - 2450 МВт), 2020 жылы өндіру - 14,0 млрд кВт \* сағ. Станция Еуразиялық топтың ірі металлургиялық зауыттарының - Ақсу ферроқорытпа зауытының, Павлодар алюминий зауытының және Қазақстан электролиз зауытының қажеттілігін қамтамасыз етеді. Қазіргі уақытта № 7 энергия блогын ірі ауқымды жаңғырту жүзеге асырылуда.

3. Екібастұз МАЭС-2 («Самұрық-Энерго» АҚ активі). Белгіленген қуаты - 1000 МВт), өндіру - 5,0 млрд кВт \* сағ. Станцияның 2024-2025 жылдарға арналған жоспарында № 3 энергия блогының құрылысын жүзеге асыру көзделген.
4. Топар МАЭС (бұрынғы Қарағанды МАЭС-2). Белгіленген қуаты - 743 МВт), «Қазақмыс» корпорациясының бақылауында және Қарағанды облысындағы корпорацияның тау-кен металлургия кәсіпорындарының қажеттілігін қамтамасыз етуге арналған.
5. Қарағанды ТЭО-3 (Қазақстан коммуналдық жүйесіне кіреді; ҚКЖ). Белгіленген қуаты - 670 МВт, өндіру 4,2 млрд кВт \* сағ.

#### **1.1.5. Шығарылатын энергия тәсілдері бойынша объектілер**

Қазақстанның электр энергетикасындағы энергия көзіне байланысты электр станцияларының мынадай түрлері ажыратылады:

табиғи отынды пайдаланатын жылу электр станциялары (ЖЭС). Олар конденсациялық (КЭС) және жылыту (ЖЭО) болып бөлінеді;

құлайтын су энергиясын пайдаланатын гидравликалық электр станциялары (ГЭС);

газ турбиналы (ГТК) және бу-газ қондырғылары (БГК) бар ЖЭС;

күн электр станциялары (КЭС);

жел электр станциялары (ЖЭС);

биогаз қондырғылары (БГК).

Жылу электр станциялары елдің негізгі генерациялайтын активтері болып табылады. Олар конденсациялық (КЭС) және жылу тарату (жылу электр станциялары-ЖЭО) болып бөлінеді. Оларды орналастыруға отын және тұтыну факторлары әсер етеді.

Конденсациялық электр станциялары. Барынша қуатты электр станциялары отын өндіру орындарында (негізінен конденсациялық электр станциялары - МАЭС) орналасады. Мұндай электр станцияларына Павлодар облысындағы Екібастұз тас көмір кен орнына жақын орналасқан қуатты конденсациялық станциялар жатады:

Б.Ф.Нұржанов атындағы «Екібастұз МАЭС-1» ЖШС - 3 500 МВт;

«Екібастұз станциясы МАЭС-2» АҚ - 1 000 МВт;

«ЕЭК» АҚ ЭЖ ERG, «Еуразиялық топ» - 2 510 МВт.

Қарағанды облысындағы Бөрілі көмірі өндірілетін ауданда өңірдегі ең ірі электр станциясы орналасқан:

«Топар бас тарату энергия станциясы» ЖШС - 743 МВт.

Жамбыл облысында еліміздің оңтүстігіндегі ең ірі - Т.И. Батуров атындағы "Жамбыл ГРЭС" АҚ орналасқан, қуаты 1 230 МВт. Табиғи импорттық газ ол үшін отын болып табылады.

Жылу тарату электр станциялары. Барлық облыстарда қалалардың шекараларында электр энергиясы мен жылу энергиясын өндіретін электр станциялары (ЖЭО) (жылумен жабдықтау, ыстық сумен жабдықтау үшін - ЫСЖ және өндірістік бу) орналасқан. Негізінен жылу кестесі бойынша жұмыс істеу үшін салынған және қазіргі

уақытта жұмыс істеп тұрған ЖЭО-ның белгіленген электр қуаты 6 700 МВт-тан астам (барлық электр станциялары қуатының 38 %) құрайды. Бұл ретте жылу тұтырудың 40 % -ға жуығы және елдің электр тұтынуының 46 % -ға жуығы жабылады.

Аса ірі көмір ЖЭО:

Өскемен ЖЭО	372,5 МВт
«Астана-Энергия» АҚ ЖЭО-2	480 МВт
«Арселор Миттал Теміртау» АҚ ЖЭО-2	435 МВт
«Қарағанды энергия орталығы» ЖШС ЖЭО-3	670 МВт
«Kazakhstan energy» ЖШС Жезқазған ЖЭО	252 МВт
«Қазақстан алюминийі» АҚ ЖЭО (ПЖЭО-1)	350 МВт
«Павлодарэнерго» АҚ ЖЭО-3	555 МВт
Петропавл ЖЭО-2)	541 МВт

Гидроэлектр станциялары негізінен Шығыс Қазақстан облысы мен Алматы облысында орналасқан. Қазақстанның гидроэнергетикасы негізінен тау өзендерінде орналасқан ірі ГЭС-терден де, шағын ГЭС-терден (ШГЭС) де тұрады.

Шығыс Қазақстан облысы - Ертіс өзенінде ірі ГЭС орнатылған.

Бұқтырма ГЭС «Казцинк» ЖШС	675 МВт
«Өскемен ГЭС АЭС» ЖШС	355,6 МВт
«Шұлбі ГЭС АЭС» ЖШС	702 МВт

Алматы облысы

Қапшағай ГЭС, Іле өзенінде	364 МВт
Мойнақ ГЭС, Шарын өзенінде	300 МВт

## 1.2. Қазақстанның отын базасы

Қазақстанда отын-энергетикалық ресурстардың (бұдан әрі-ОЭР) едәуір қорлары бар, олар республика аумағы бойынша әркелкі орналасқан.

Оңтүстік Қазақстан. Қазақстанның оңтүстік аймағындағы отын ресурстарына Қызылорда облысындағы мұнай кен орындары және көмір қорлары кіреді (республиканың барлық геологиялық көмір қорының 17 %). Негізгі және перспективалы көмір көздері - Іле бассейні, Төменгі Іле, Алакөл және Шу кен орындарының тобы.

Батыс Қазақстанда энергетикалық ресурстардың негізгі түрлеріне мұнай, конденсат, табиғи газ және қоңыр көмір жатады.

Шығыс Қазақстанда көмірдің және белгілі бір дәрежеде тақтатастың біраз қоры бар. Қатты отынның көптеген көздерінің ішінде Юбилейное, Кендірлік және Белокаменное кен орындары назар аударуға тұрарлық.

Солтүстік және Орталық Қазақстан. Өңірде органикалық ОЭР-дан көмір бар. Көмірді өнеркәсіптік өндіру Қарағанды, Екібастұз, Бөрілі, Қушоқы, Майкөбе және Шұбаркөл



кен орындарында жүзеге асырылады. Торғай, Жыланшық, Теңіз-Қоржынкөл бассейндері, Қойтас, Верхсокурское, Самара, Завьяловка кен орындары ірі және перспективалы көмір кен орындары болып табылады.

### 1.2.1. Мұнай-газ ресурстары

Мұнай өндіру және газ өнеркәсібі. Қазақстанда көмірсутек шикізатының бірегей қорлары бар. Жалпы, Қазақстан Республикасының Мұнай және газ министрлігінің деректері бойынша құрлықта да, қайраңда да көмірсутектердің расталған қорлары 4,8 млрд тонна немесе 35 млрд астам баррель шегінде деп бағаланады. Мұнайдың болжамды қорлары (кейбір сарапшылардың бағалауы бойынша) Каспий теңізінің қазақстандық секторында орналасқан кен орындары бойынша ғана 17 млрд тоннадан астам немесе 124,3 млрд баррельді құрауы мүмкін.

Қазақстан аумағында 200-ге жуық мұнай және газ кен орындары орналасқан. Қорлардың жалпы көлемі 11-12 млрд тонна деп бағаланады. Мұнай мен газдың негізгі өндірісі Батыс Қазақстан, Атырау, Ақтөбе, Маңғыстау және Қызылорда облыстарында жүргізіледі.

Мұнай-газ кен орындары Қазақстанның сегіз облысының аумағында орналасқан. Төменде (1.7-кесте) облыстар бөлігінде көмірсутек қорларының үлесі бойынша деректер келтірілген.

1.7–кесте. Облыстар бойынша көмірсутек қорларының үлесі [2, 3, 25, 32]

Р/с №	Атауы	Жалпы қорлардан %
1	2	3
1	Ақтөбе облысы	10,7
2	Атырау облысы	38,0
3	Жамбыл облысы	4,0
4	Батыс Қазақстан облысы	7,5
5	Қарағанды облысы	2,0
6	Қызылорда облысы	7,5
7	Маңғыстау	28,8
8	Оңтүстік Қазақстан облысы	1,5

Қазақстандағы мұнайдың негізгі қорлары (90 %-дан астамы) 15 ірі кен орындарында шоғырланған - Теңіз, Қашаған, Қарашығанақ, Өзен, Жетібай, Жаңажол, Қаламқас, Кеңқияқ, Қаражанбас, Құмкөл, Солтүстік Бозашы, Әлібекмолла, Орталық және Шығыс Прорва, Кенбай, Королевское, олардың ішінде мұнай қорларының жартысы Қашаған және Теңіз - екі алып мұнай кен орындарында шоғырланған.

Мұнайдың неғұрлым барланған қорлары Атырау облысында бар, оның аумағында 930 млн тонна өнеркәсіптік санаттағы қоры бар 75-тен астам кен орны ашылған. Облыстың

қалған кен орындарының үлесінде шамамен 150 млн тонна қор бар. Бұл қорлардың жартысынан астамы екі кен орнында - Королевское (55,1 млн тонна) және Кенбайда (30,9 млн тонна) шоғырланған.

Маңғыстау облысының аумағында 725 млн тонна өнеркәсіптік санаттағы мұнайдың, 5,6 млн тонна конденсаттың алынатын қоры бар 70-тен астам кен орны ашылды. Кен орындарының жартысынан кемі қолданыста. Олардың көпшілігі соңғы дамыту сатысында. Қалдық қорлардың басым бөлігі алынуы қиын деп жіктеледі. Ірі кен орындары - Өзен, Жетібай, Қаламқас, Қаражанбас. Болжамды көлемі шамамен 1,1 млрд тоннаны құрайды. Өндіру орталығы-Жаңаөзен қаласы.

Маңғыстау облысының шикізат базасына Тасболат, Батыс Теңге, Ақтас, Оңтүстік Жетібай газ конденсатты кен орындары және Шығыс Өзеннің бір газ кен орны кіреді. Жалпы өндірілетін қорлар 191,6 миллион тонна мұнай деп бағаланады.

Батыс Қазақстан облысының аумағында 320 млн тоннаға жуық сұйық көмірсутек шикізатының алынатын қоры және 450 млрд текше метрден астам газ қоры бар Қарашығанақ газ конденсатты кен орны аса маңызды болып табылады. 2005 жылғы қыркүйекте Қарашығанаққа іргелес Федоров блогында көмірсутек шикізаты табылғаны туралы жарияланды; мұнай және газ конденсатының қорлары 200 млн тонна деп бағаланады.

Мұнай-газ әлеуеті тұрғысынан тағы бір перспективалы өңір - Ақтөбе облысы болып табылады. Мұнда 25-ке жуық кен орны ашылды. Бұл аймақта ашылған кен орындарының ең маңыздысы - шамамен 170 миллион тонна мұнай мен конденсаттың өндірілетін қоры бар Жаңажол кен орындарының тобы болып табылады. 2005 жылы Каспий маңы ойпатының шығыс бөлігінің орталық блогында жаңа Үміт кен орнының ашылғаны туралы жарияланды.

Қызылорда және Қарағанды облыстарының мұнай өндіру саласының негізі - маңыздылығы бойынша Қазақстанның бесінші мұнай-газ провинциясы - Құмкөл кен орындары тобы болып табылады. 2005 жылдың жазында осы аймақта жұмыс істейтін «ПетроҚазақстан» компаниясы Қызылқия кен орнының солтүстік шекарасына іргелес жатқан Көлжанның лицензиялық аумағында мұнайдың коммерциялық қорлары табылғаны туралы хабарлады.

Жамбыл облысында кен орындарының ең ірі тобы - Амангелді.

Соңғы бірнеше жылда Қазақстанда газ конденсатын қоса алғанда, жылына шамамен 90 млн тонна мұнай өндіріледі, ал мұнай экспорты жылына 60-70 млн тоннаны құрайды. Мұнай тасымалдау инфрақұрылымында жалпы ұзындығы - 8 301 км 4 мұнай құбыры бар:

Каспий құбыр консорциумы (КҚК), 1 510 км, өткізу қабілеті - жылына 67 млн/т, 2023 жылы - жылына 72,5 млн тонна;

«Атырау-Самара», 1232 км, өткізу қабілеті - жылына 30 млн/т;

«Атасу-Алашанькоу» (Қазақстан Қытай), 963 км, өткізу қабілеті - жылына 20 млн/т;

«Кеңқияқ-Құмкөл», 794 км, жобалық өткізу қабілеті жылына 20 млн/т;

Өнеркәсіптік санаттағы газдың қоры республикада біркелкі орналаспаған: 98 %-ы төрт батыс облыстарында - Маңғыстау, Атырау, Ақтөбе және Батыс Қазақстан, қалған 2 %-ы Қызылорда, Жамбыл, Қарағанды облыстарында орналасқан.

Қазақстанның табиғи газының алынатын қорлары (Каспий қайраңындағы ашылған жаңа кен орындарын ескере отырып) 4,0 трлн текше метр, ал геологиялық ресурстар 6-7 трлн текше м. асады.

Табиғи газдың барланған қорлары бойынша (мұнай-газ кен орындарының газы және таза газ) Қазақстан әлемде 15-ші және ТМД-да 4-ші орында. Бұл ретте Қазақстанның барланған газ қорларының көп мөлшері ілеспе газ болып табылады.

Республикадағы газдың әлеуетті қоры 10,2 трлн текше метр, оның 9,2 трлн текше м Каспий маңы ойпатында жатыр.

Каспий қайраңын есепке алмағанда табиғи және ілеспе газдың барланған қоры 3 трлн текше метр, оның 1,8 трлн текше м. өнеркәсіптік санатқа немесе дәлелденгендерге жатқызылған.

Барлық бос газ (шамамен 60 %) бен конденсат (шамамен 80 %) қорларының басым бөлігі Қарашығанақ кен орнында шоғырланған.

Бос (табиғи) газдың неғұрлым ірі қоры Теңіз, Королевское, Имашев, Жаңажол, Өріктау, Теңге, Жетібай кен орындарындағы газ бүркембесінде орналасқан.

Газ экспорты (шамамен 20-21 млрд текше метр) шекара маңындағы елдермен қарсы жеткізілімдер негізінде жүзеге асырылады.

Біздің аумақтағы магистральдық газ құбырларының жалпы ұзындығы шамамен 12 мың км құрайды. Бұл ретте, негізгі магистральдық газ құбырлары:

«Орта Азия-Орталық», 872 км (өткізу қабілеті 60 млрд текше м);

«Бұхара-Орал», 1176 км (7,2 млрд текше м);

«Союз», «Орынбор - Новопсков», 382 км (7,5 млрд текше метр);

«БҒР-Ташкент-Бішкек-Алматы», 1 585 км (4 млрд текше метр);

«Қазақстан-Қытай», 1300 км (30 млрд текше м).

### **1.2.2 Көмір ресурстары**

Қазіргі уақытта көмір өнеркәсіп пен халық пайдаланатын Қазақстанның негізгі отыны болып табылады. Республиканың отын-энергетикалық теңгерімінде көмірдің үлесіне шартты отынның 60 %-дан астамы тиесілі.

Қазақстанда көмірдің әлемдік өнеркәсіптік қорының 3,3 %-ы шоғырланған. Өндіру көлемі бойынша Қазақстан әлемде 8-ші және ТМД елдері арасында Ресей мен Украинадан кейін 3-ші орынды алады. Қазақстанда барлығы 176,7 млрдт геологиялық қоры бар 100-ден астам көмір кен орындары анықталды. Қазақстан көмірінің теңгерімдік қоры 38 млрдт астам деп бағаланады, оның 94 %-дан астамы Солтүстік, Орталық және Шығыс Қазақстан аумағында шоғырланған.

Кокстелетін көмірдің теңгерімдік қоры 5,9 млрд т. құрайды және Қарағанды облысында шоғырланған. Ашық тәсілмен игеруге жарамды энергетикалық көмір қоры 19,1 млрд т. құрайды.

Солтүстік және Орталық Қазақстанда көмірдің теңгерімдік қорларының мынадай мәнделері бар бірқатар ірі көмір бассейндері мен кен орындары шоғырланған:

Қарағанды бассейні - 12,2 млрд т;

Торғай бассейні - 6,56 млрд т;

Майкөбе бассейні - 2,2 млрд т;

Екібастұз бассейні - 12,0 млрд т;

Шұбаркөл кен орны - 2,1 млрд т;

Бөрілі кен орны - 0,44 млрд т;

Қушоқы кен орны - 0,14 млрд т.

Осы аймақта көмірдің басқа да орта және шағын кен орындары бар.

Оңтүстік Қазақстанда мыналар көмірдің ірі кен орындары болып табылады:

Жалпы перспективалы қорлары бар Іле бассейні - 44 млрд т;

Геологиялық қорлары бар Төменгі Іле кен орны - 12,6 млрд т;

бірқатар басқа ұсақ кен орындары.

Батыс Қазақстанда (көмірдің жалпы геологиялық қоры - 2,0 млрд т. астам, теңгерімдік қоры - 1,79 млрд т) мыналар көмірдің ірі кен орындары болып табылады:

Теңгерімдік қоры 1,32 млрд т болатын Момыт қоңыр көмір кен орны;

Теңгерімдік қоры 108 млн т Орал-Каспий қоңыр көмір бассейні.

Қазақстанның игеріліп жатқан кен орындарының ішінде мыналар ең ірілері болып табылады:

Қарағанды облысындағы Қарағанды бассейні, Бөрілі, Қушоқы және Шұбаркөл кен орындары;

Павлодар облысындағы Екібастұз кен орны және Майкөбе бассейні;

Шығыс Қазақстан облысындағы Юбилейное кен орны (Қаражыра разрезі).

Осы ірі кен орындарынан басқа бірқатар ұсақ кен орындары да игерілуде.

Қазақстан бойынша көмір өндіру көлемі:

1990 ж. - 131,4 млн т

2000 ж. - 74,9 млн т

2005 ж. - 97,9 млн т;

2019 ж. - 115,4 млн т.

2019 жылы Қазақстан Республикасында тас көмір мен қоңыр көмір өндіру 115,4 млн тоннаны құрады - бір жыл бұрынғыға қарағанда 3 %-ға аз. Көмір өндіру екі негізгі өңірде: Павлодар (68,4 млн тонна, Қазақстан Республикасынан 59 %) және Қарағанды (38,6 млн тонна, Қазақстан Республикасынан 34 %) облыстарында шоғырланған.

1.8-кестеде Қазақстанның негізгі кен орындарының көмір қорлары мен оларды өндіру жөніндегі деректер берілген.

1.8-кесте. Қазақстанның негізгі кен орындарындағы көмір қоры, млн т/жыл [33, 34]

Р/с №	Экономикалық аудан, бассейн, кен орны	Көмір санаты	Геологиялық қорлар	Теңгерімдік қорлар	Өнеркәсіптік қорлар	2019 жылы өндіру	Жобалық өндіру
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Шығыс Қазақстан		4500	3040			
1.1	Кендірлік к/о	тас көмір	586	191	77		Барлығы 1,0-2,0
1.1.1		қоңыр көмір	1033	400	169		
1.1.2		тақтатас	4075	698	53		
1.2	Белокаменское к/о	тас көмір	957	914			1,0 дейін
1.3	Юбилейное к/о Қаражыра	тас көмір	1536			7,9	30,0
2	Батыс Қазақстан		2900	1790			
2.1	Орал-Каспий бассейні	қоңыр көмір	378	108	96		5,0
2.2	Мамыт к/о	қоңыр көмір	1426	1320	598		3,0
3	Солтүстік Қазақстан		81800	18520			
3.1	Екібастұз бассейні	тас көмір	12500	9700	7700	62,2	105 дейін
3.2	Майкөбе к/о	қоңыр көмір	5700	1805	1767	0,3	15,0-25,0
3.3	Торғай бассейні	қоңыр көмір	61910	6564	5933		2,0
4	Орталық Қазақстан		54500	14800			
4.1	Қарағанды бассейні	тас көмір	51300	15800	7500	14,4	25,0 дейін
4.2	Қушоқы к/о	тас көмір	600	150	150		1,8-3,0
4.3	Бөрілі к/о	тас көмір	490	314		3,1	10,0
4.4	Шұбаркөл к/о	тас көмір	2100	1700		1,8	22,0-28,0
5	Оңтүстік Қазақстан		33000	480			
5.1	Ойқарағай к/о	қоңыр көмір	74	53,4	40,2		0,3-0,5
5.2	Төменгі Іле бассейні	қоңыр көмір	9878				80,0
5.3	Алакөл к/о	тас көмір	130	50			0,3
5.4	Ленгер к/о	қоңыр көмір	2109	751	355		
6	Қазақстан бойынша барлығы		176700	38630	34100	83,2	

1.9-кестеде Қазақстанның электр энергетикасында пайдаланылатын негізгі энергетикалық көмірдің сипаттамалары берілген. Қазіргі уақытта Шұбаркөл көмірі коммуналдық энергетикада қабатты торы бар шағын қазандықтарда пайдаланылады, үлкен энергетикада ол әлі пайдаланылмайды. Бірақ осы көмірді жағуға арналған жаңа қазандықтар үшін бұл өте перспективалы көмір.

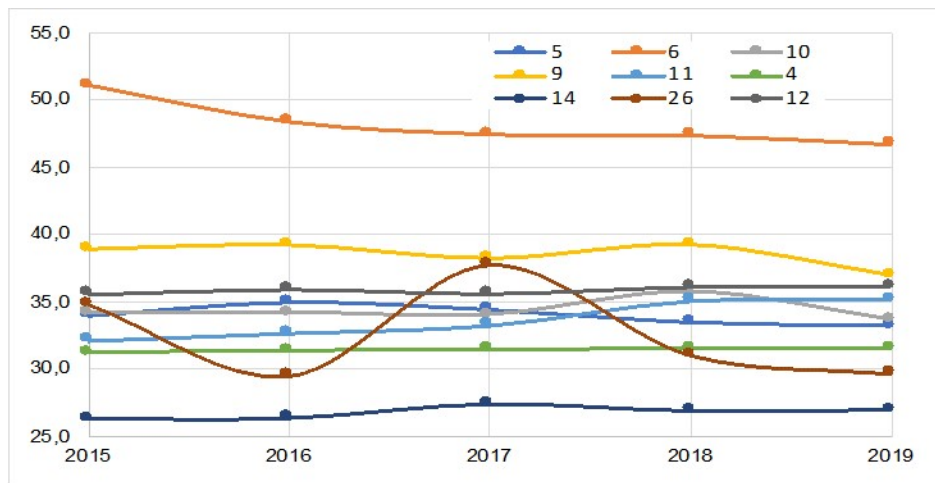
1.9-кесте. Қазақстанның электр энергетикасында пайдаланылатын энергетикалық көмірдің жылу техникалық сипаттамалары

Р/с №	Атауы	Өлшем бірлігі	Екібастұз, СС	Бөрілі, СС	Қаражыра, Д	Майкөбе, Б-3	Шұбаркөл, Д
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Көмір түрі		тас көмір	тас көмір	тас көмір	қоңыр көмір	тас көмір

2	Өндіру әдісі		ашық	ашық	ашық	ашық	ашық
3	Жұмыс массасына жанудың төменгі жылуы- $Q_p^H$	ккал/кг	Орташа 4000	3866	4800	3700- 4395	5520
4	Жұмыс массасына жалпы ылғал $W^r$	%	4 - 7	4,6	13,1	13 - 22	14,5
5	Құрғақ массаға күлділігі $A^d$	%	43	43,0	19,5	16 - 24	6,0-10,0
6	Құрғақ массаға күкірт $S^d$	%	0,4 - 0,9	0,49	0,7	0,5 - 0,8	0,5
7	Құрғақ, күлсіз массаға ұшпа $V^{daf}$	%	30	26-38	46	40 - 44	43,5
8	Құрғақ, күлсіз массаға көміртегі $C^{daf}$	%	82	78,6	77,7	74 - 76	76,9
9	Құрғақ күлсіз массаға сутегі $H^{daf}$	%	5	4,8	5,0	4,7 - 5,3	5,35
10	Құрғақ күлсіз массаға азот $N^{daf}$	%	1,5	1,3	0,9	1,86	1,48
11	Құрғақ, күлсіз массаға оттегі $O^{daf}$	%	11	10,4	15,7	21,7	15,3
12	Күлді балқыту тем-расы Деформация басталу тем-расы Td жұмсарту тем-расы Сұйық күй тем-расы - Tc	°C	1300 1460 1500 -	>1500		1140-1210 1230-1260 1210-1230 -	1100 1420 1440 -
13	Күл қалдықтарының құрамы	%					
14	SiO <sub>2</sub>	%	65	59,6	53,6-58,8	48,0- 60,0	56-66
15	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	24	33,7	24,6-34,2	23,0- 28,0	22-28
16	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	5	2,22	2,8– 10,9	4,7 - 10,0	7-10
17	CaO	%	2	0,70	1,8– 3,15	6,0 - 10,0	2-3
18	MgO	%	0,7	0,50	0,2 - 1,1	1,3 - 3,0	1-2
19	TiO <sub>2</sub>	%	0,9	0,0	1,1 - 1,5	-	1,1-1,24
20	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	%	0,7	3,0	1,1 - 1,9	1,9 - 3,2	1,9-3,1
21	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,4	0,02			0,13-0,46
22	Ұнтақталу қабілетінің коэффициенті		1,35		1,27	1,02-1,22	
23	Абразивтілік коэффициенті, $K_{adb}$	м <sup>2</sup> /кг	$0,259 \times 10^{-10}$	$0,210 \times 10^{-10}$	$0,12 \times 10^{-10}$		
24	Химиялық белсенділік тобы		I	I	IV	III	IV

### 1.3. Техникалық-экономикалық сипаттамалары

Электр энергиясын өндіруге арналған қондырғылардың абсолютті көрсеткіші электр ПӘК болып табылады. Қазақстан Республикасында электр энергиясын алу үшін қатты отынды пайдаланатын қондырғылар тек үш КЭС-те бар: 500 МВт блоктары бар Екібастұз МАЭС-1, 2 және 300 МВт блоктары бар ЕЭК (Ақсу МАЭС) электр станциясы. Газмазуттық КЭС: Т.И.Батуров атындағы Жамбыл МАЭС және 200 МВт блоктары бар ЖЭС МАЭК.



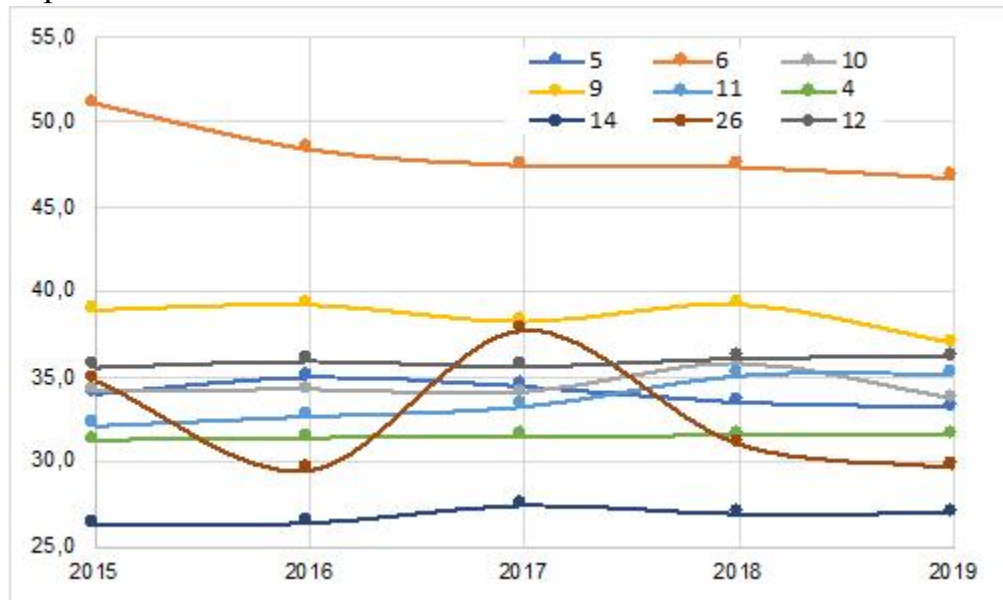
1, 2 - 500 МВт көмір блоктары; 8 - 300 МВт көмір блоктары; 15, 18 - 200 МВт газ-мазут блоктары

1.11-сурет. КЭС электрлік ПӘК, %

500 және 300 МВт блоктары ШАҚ (23,5 МПа және 545/545 °С) параметрлеріне жобаланған. 200 МВт блоктары 12,8 МПа және 545/545 °С бу параметрлерінде жұмыс істейді. Бірақ газ қазандықтары көмірге қарағанда аз шығынға ие болғандықтан, жалпы КА-ның жалпы жоғары ПӘК, электр ПӘК ШАҚ параметрлеріндегі КЭС ПӘК-пен салыстыруға болады.

Газ-мазуттық 480 т/сағ-тан басқа, Қазақстан Республикасының аса ірі ЖЭО өнімділігі 320, 420, 480 және 500 т/сағ ҚА бар 12,8 МПа және 545-555 °С бу параметрлерімен жұмыс істейді, қалған көміртозандылар негізінен Екібастұз көмірімен жұмыс істейді. Төрт БҚЗ-320-140-2 ҚА және бір ТПЕ-430а ҚА (500 т/сағ) Қаражар көмірімен жұмыс істейді.

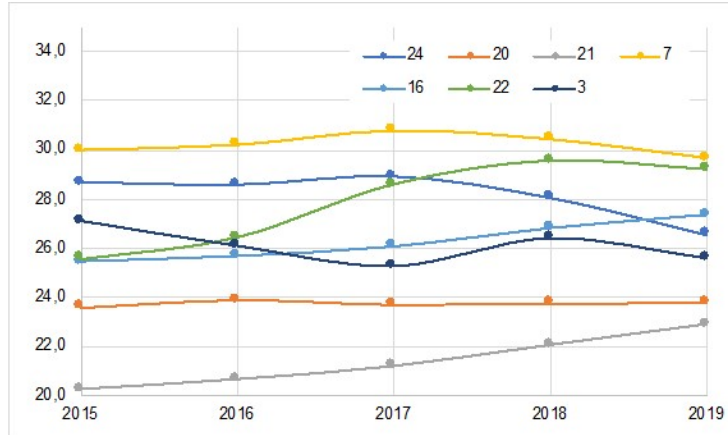
1.12 және 1.13-суреттерде 12,8 және 8,8 МПа бу қысымына сәйкес келетін ЖЭО ПӘК көрсетілген.



5, 6, 10, 9, 11, 4 - БҚЗ-420-140; 12 - БҚЗ-320-140; 14 - ТММ-96Б; 26-ТММЕ-464

### 1.12-сурет. 13,8 МПа ҚА бар ЖЭО ОПК, %

Егер КЭС-тің ПӘК будың бастапқы және соңғы параметрлері әсер етсе: турбинаның алдындағы қысым мен бу температурасы және салқындату ортасы мен салқындату жүйесінің температурасымен байланысты конденсатордағы қысым, онда ЖЭО үшін жылу жүктемесінің құрылымы ПӘК-ке көбірек әсер етеді. Мәселен, 8,8 МПа бу параметрлерімен жұмыс істейтін, бірақ толығымен жылыту циклі бойынша жұмыс істейтін ЖЭО (ЖЭО-1 АлЭС) үшін электр ПӘК 75,3 %-ды құрайды, өйткені конденсаторларда шығындар жоқ, оларда жылу желісінің толықтырылатын суы жылытылады.

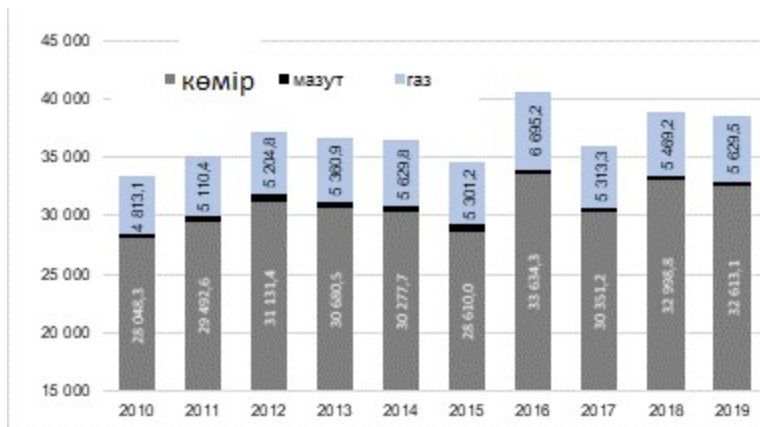


3 - ПК-10П-2; 7 - ТП-46А, БҚЗ-220-100; 16 - ТП-10, ТП-13Б, БҚЗ-220-100; 20 - БҚЗ-160-100; 21 - БҚЗ-160-100, БҚЗ-190-100, БҚЗ-220-100; 22 - ТКЗ-150, ПК-10п-2; 24 - БҚЗ-160-100

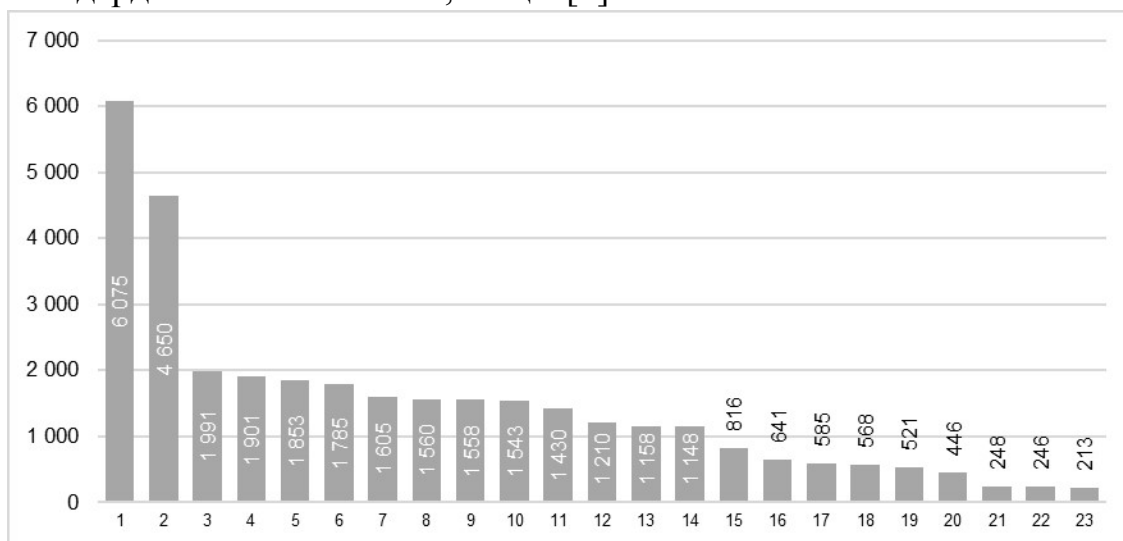
### 1.13-сурет. 8,8 МПа ҚА бар ЖЭО ОПК, %

Жылу беру ЖЭО үшін жазғы кезеңде жылу жүктемесі күрт төмендейтіндіктен, электр энергиясын өндірудің конденсациялық үлесі артады, бұл жылу тиімділігін төмендетеді. Солтүстік аймақта өндіруші қуаттардың 70 %-ға жуығы бар, тиісінше Қазақстан Республикасында өндірілетін электр энергиясының барлық көлемінің 77 %-ын өндіреді. Оңтүстік аймақ жалпы энергия көлемінің 10 %-ын, ал Батыс аймақ электр энергиясының 13 %-ын өндіреді. Өндірілетін электр энергиясының барлық көлемінің 81 %-ы отын жағатын қондырғыларға тиесілі, оның 39 %-ы таза конденсациялық (МАЭС, КЭС) станцияларда өндіріледі және 42 %-ы ЖЭО аралас өндіру кезінде өндіріледі, яғни Қазақстанда ЖЭС электр энергиясының жартысынан көбін ЖЭО өндіреді, бұл электр энергетикасының ерекшеліктерін айқындайды. ЖЭО-дан басқа жылу энергиясын қазандықтар өндіреді. Көмір қазандықтарының ішіндегі ең ірілері КВТК-100 су жылыту қазандықтарымен, газ-мазут қазандықтары арасында-жылу қуаты 100 Гкал/сағКВГМ-100 және ПТВМ-100-бен жабдықталған. Бірқатар қазандықтарда бу қысымы 1,0-1,3 МПа болатын ДКВР-10-14, КЕ-20-14 типті бу қазандықтары орнатылған. 1.14-суретте электр станцияларының 2010-2019 жылдардағы отын шығындары көрсетілген.



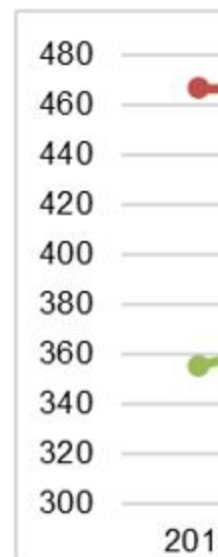
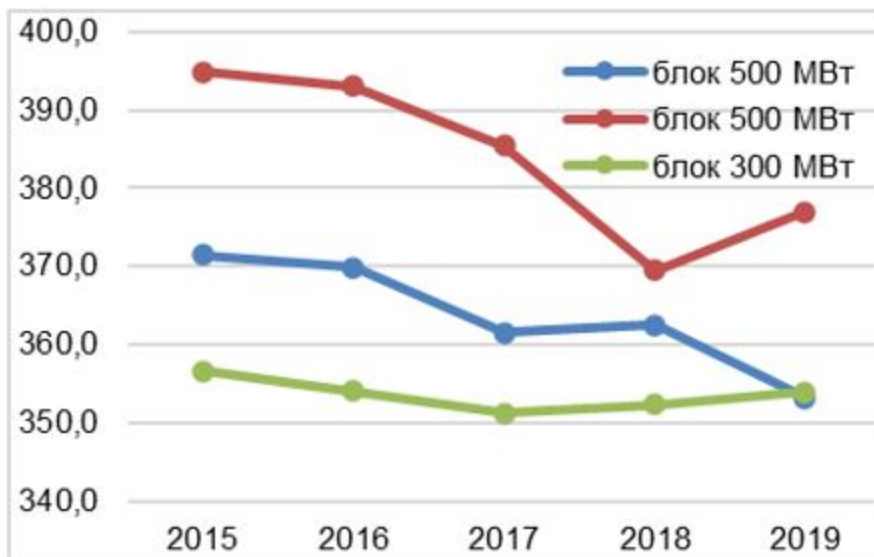


1.14-сурет. Қазақстан Республикасының электр станцияларының 2010-2019 жылдардағы отын шығыны, мың т [7]



1.15-сурет. 2019 жылғы ЖЭС-тің шартты отын шығыны, мың шот (ХЖТИЖО ҚТА деректері бойынша)

Қатты отынды жағатын қондырғылар белгіленген қуат бойынша 58 %-дан астам көлемді құрайды, оның ішінде Екібастұз көмірін жағатын қондырғылар шамамен 48 % құрайды. Күлді көп шығаратынына, абразивті сипатына және жылу шығару қабілетінің төмендігіне қарамастан, бұл отын энергетика үшін арзан отын болып саналады. Қазақстан мен Ресейде 300 - 1000 МВт (420– 1650 т/сағ) қондырғыларында жағу технологиялары әзірленіп, енгізілді. ЖЭС-терге шартты отын шығыны 2019 жылы 1.15-суретте, сондай-ақ 1.16 және 1.17-суреттерде блоктық КЭС-терге электр энергиясын жіберу бойынша шығыстар көрсетілген.



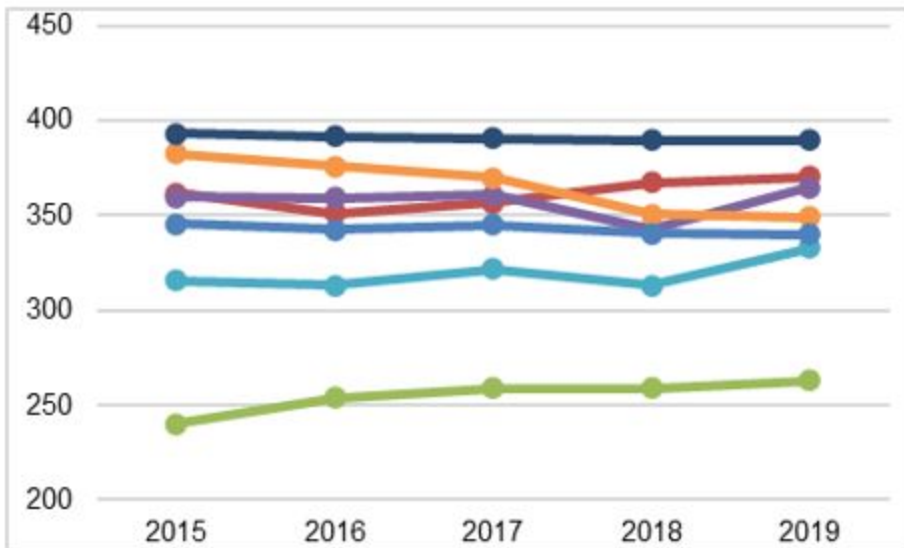
1.16-сурет. 500 және 300 МВт көміртозанды блоктары бар КЭС электр энергиясын жіберуі бойынша ШОМШ, г/кВтс (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)

1.17-суре бар КЭС электр ШОМШ, г/кВтс

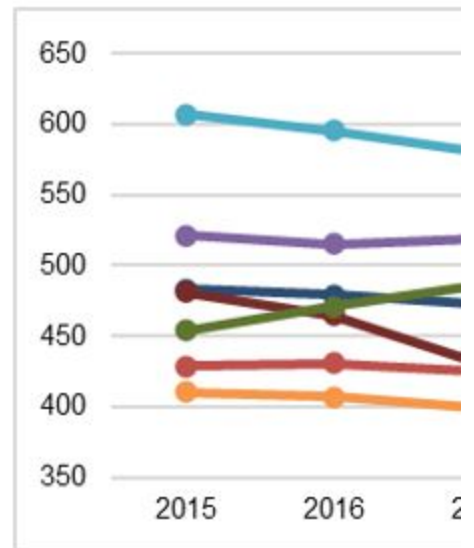
300 МВт блоктары бар КЭС электр энергиясын жіберуі бойынша ШОМШ, 500 МВт блоктары бар КЭС-ке қарағанда аз, өйткені 300 блогы бар КЭС-те 8 блогтың 5-еуіне реконструкция жүргізілді, ал 500 МВт блогы бар КЭС-те 10 блогтың 2-еуіне реконструкция жүргізілді. 2019 жылғы деректер алшақтықтың азайғанын көрсетеді.

200 МВт блоктардың ШОМШ мәндерінің арасындағы үлкен диапазон салқындатқыш орта ретінде теңіз суы пайдаланылатын КЭС конденсаторларындағы шөгінділерге байланысты конденсатордың әртүрлі вакуумымен түсіндіріледі.

Аса ірі ЖЭО Екібастұз көмірімен жұмыс істейтін Е-420-140 типті ҚА-мен және Т-120/130-130, ПТ-65/75-130/13, ПТ-80/100-130/13, Р-50-130-13 типті турбиналармен жабдықталған, жылу жүктемелерінің құрылымына байланысты ШОМШ электр энергиясын жіберу бойынша кең диапазонда өзгереді (1.18- және 1.19-сурет).

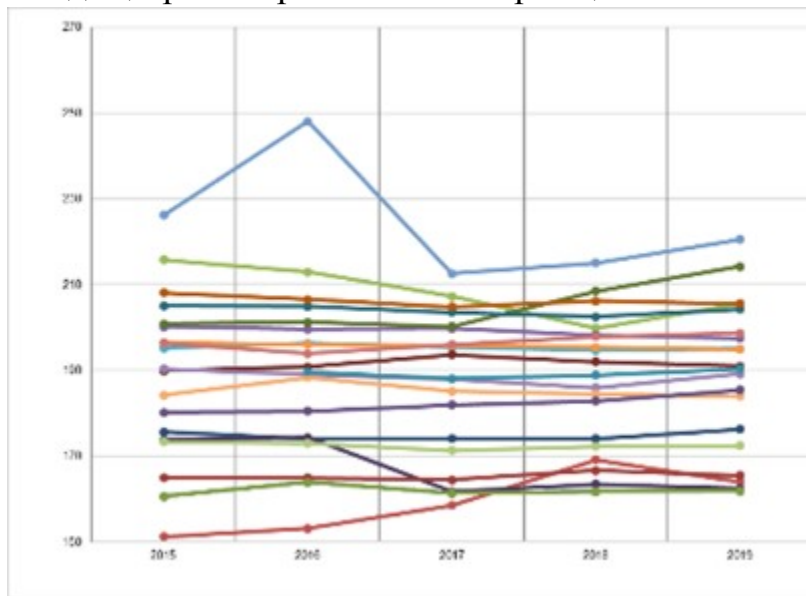


1.18-сурет. Е-420-140 типті ҚА бар көмір ЖЭО электр энергиясын жіберуі бойынша ШОМШ, г/кВт\*сағ (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)



1.19-сурет. Е-220-1 типті ҚА бар көмір энергиясын жіберуі бойынша ШОМШ, г/кВт\*сағ (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)

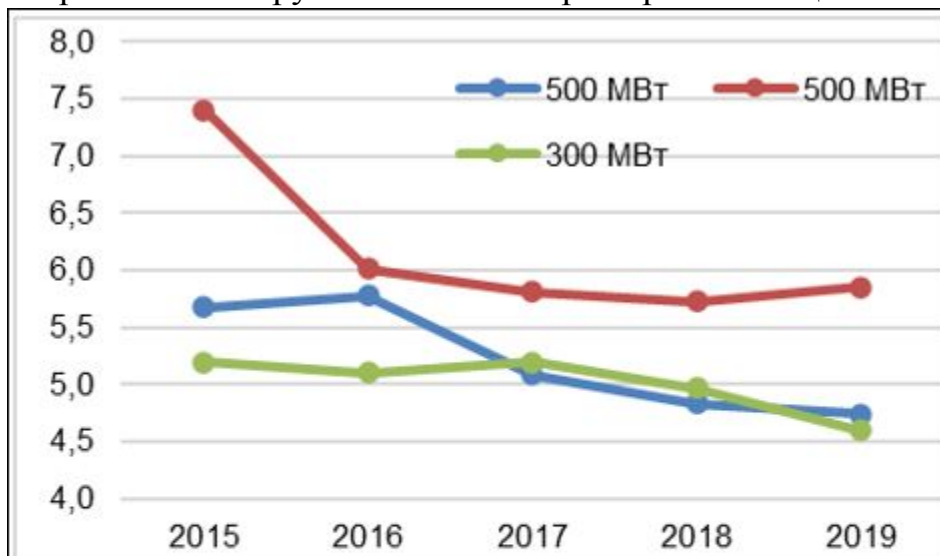
Қолданыстағы физикалық әдіс бойынша жылу энергиясын жіберу бойынша ШОМШ іс жүзінде шағын диапазонда болады. Төменгі мәндер жаңартылған жабдықтары бар ірі ЖЭО-ға және газ жағатын ЖЭО-ға сәйкес келеді, үлкен мәндер жабдықтары ескірген және айтарлықтай тозған ЖЭО-ға сәйкес келеді (1.20-сурет).



1.20-сурет. ЖЭО жылу энергиясын жіберу бойынша ШОМШ, кг/Гкал (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)

500 МВт көміртозаңды блоктары бар КЭС-те құрылыстың аяқталмауына байланысты ЖҚ шығындары 300 МВт блоктары бар КЭС-ке қарағанда жоғары. Басқа станция бойынша шығындар іс жүзінде бірдей. Жеке қажеттіліктердің құрылымы ГКШ жүйесімен ерекшеленеді, 500 МВт блоктарда - эйрлифтілер, 300 МВт блоктарда - Багер сорғылары (1.21-сурет). Барлық блоктарда турбожетекті толықтырғыш сорғылар орнатылған, 500 МВт блоктарда әртүрлі көмір ұсақтағыш диірмендер, кейбіреулерінде тангенциалды ауа берілісі бар балғалар, басқаларында орташа шығыс біліктер орнатылған. Белгіленген қуаттың негізгі айырмашылығы, ЖҚ электр энергиясының шығындары жалпы өндірімге жатады, ал өндірім 4 есе дерлік ерекшеленеді.

ЖЭО-да жеке қажеттіліктерге арналған электр энергиясының шығындары энергия түрлері бойынша мынадай бөлінеді: электр және жылу энергиясын жіберу. Электр энергиясын жіберу бойынша ЖҚ-ға жұмсалатын электр энергиясының шығыны пайызбен, ал жылу энергиясын жіберу үшін 1 Гкал-ға жұмсалатын электр энергиясын есептеу қабылданған. 1.22 және 1.24-суреттерде ЖЭО ЖҚ электр және жылу энергиясын жіберу бойынша электр энергиясының шығындары келтірілген.



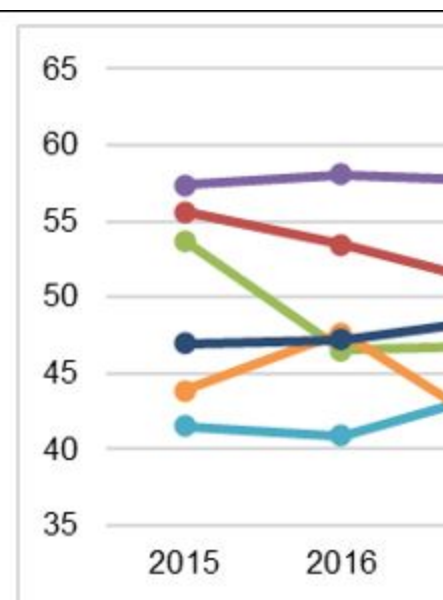
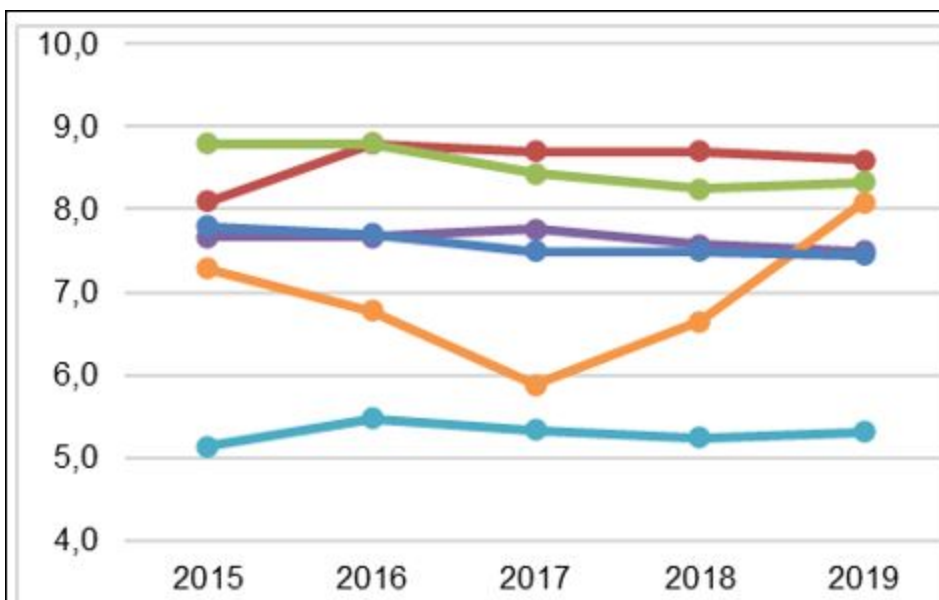
1.21-сурет. 300 және 500 МВт блоктардың ЖҚ ЭЭ шығыны, %

(ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)



1.22-сурет. ЖЭО бойынша ЖҚ ЭЭ шығыны, %

(ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)



1.23-сурет. 13 МПа ЖЭО электр энергиясын жіберу бойынша ЖҚ ЭЭ шығыны, % (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)

1.24-сурет. 13 МПа ЖЭО электр энергиясын жіберу бойынша ЖҚ ЭЭ шығыны, кВтс/Гкал (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)

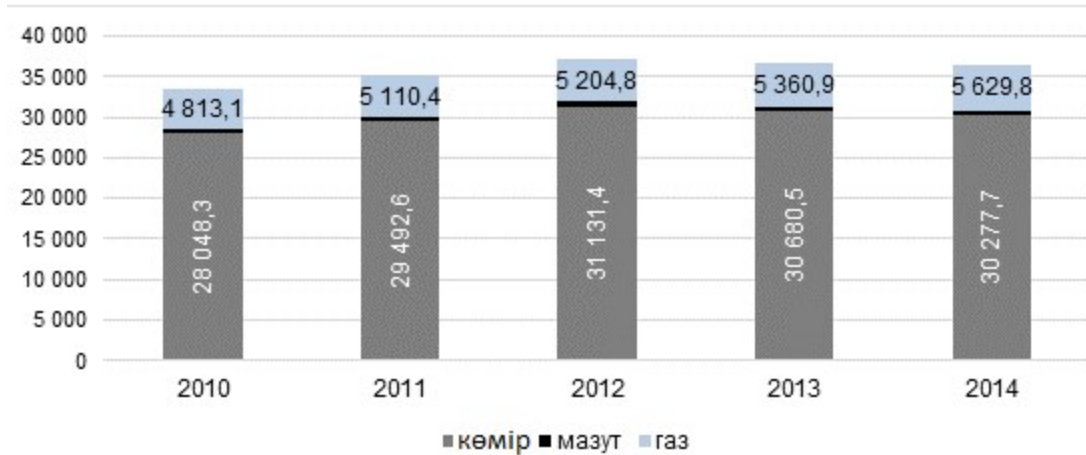
#### 1.4. Электр энергетикасы саласының энергия сыйымдылығы

ЖІӨ бойынша Қазақстан әлемде 54-орында, ал ЖІӨ энергия сыйымдылығы бойынша 117-орында орналасқан. Халықаралық статистика бір мың долларға мэт-пен жүргізілетін болғандықтан, Қазақстан Республикасында ОЭР-ды шартты отынмен есептеу қабылданған, бұдан әрі де ЖІӨ млрд теңгемен және энергия сыйымдылығы шот. млн теңгемен ұсынылды. 1.10-кестеде және 1.25-суретте 2015-2019 жылдардағы ЖЭС және ірі қазандықтардың отын шығындары көрсетілген.

1.10-кесте. Қазақстан Республикасындағы ЖЭС және қазандықтардың 2015-2019 жылдардағы отын шығыны

Р/с №	Отын	Өлшем бірлігі	2015 ж.	2016 ж.	2017 ж.	2018 ж.	2019 ж.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Көмір	мың т	61,9	59,6	61,4	58,1	57,4
2		мың шот	34 873	33 634	30 351	32 999	32 613
3	Мазут	мың т	442,9	445,2	242,8	259,4	244,2
4		мың шот	313,6	315,6	342,6	366,4	344,2
5	Газ	млн м <sup>3</sup>	5 649,0	5 791,7	5 872,8	4 719,5	4 858,1
6		мың шот	6 524,6	6 695,2	5 313,3	5 469,2	5 629,5
7	Барлық отын	мың шот	41 711,4	40 645,2	36 007,1	38 834,4	38 586,8





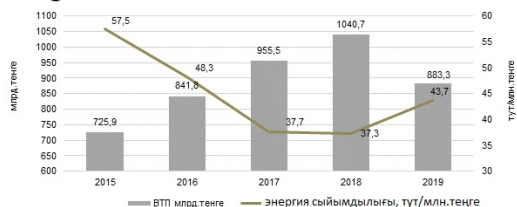
1.25-сурет. Қазақстан Республикасының электр энергетикасы саласындағы ЖЭС және қазандықтардың отын тұтынуы, мың шот [17]



1.26-сурет. Электр және жылу энергиясын өндіру үшін ОЭР пайдалану және Қазақстан Республикасындағы жалпы тұтырудан үлесі [17]



1.27-сурет. 2015-2019 жылдардағы Қазақстан Республикасының ЖІӨ және ЖІӨ энергия сыйымдылығының динамикасы [17]



1.28-сурет. 2015-2019 жылдардағы Қазақстан Республикасының электр энергетикасы саласындағы ЖТӨ және ЖТӨ энергия сыйымдылығы динамикасы (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)

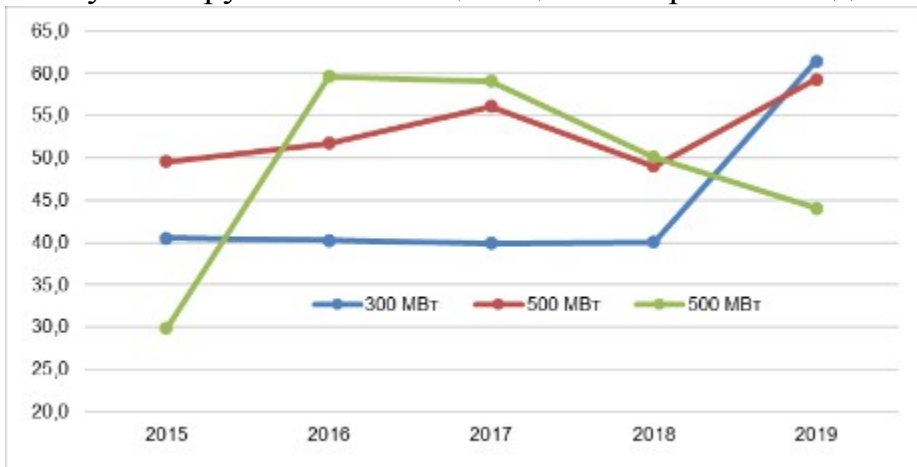
ЖТӨ - жалпы тауар өнімі, электр және жылу энергиясын сатудан түскен түсім. ЖТӨ энергия сыйымдылығы деп құны бір миллион теңге электр және жылу энергиясын өндіруге жұмсалған шартты отын мөлшерін түсінеміз. ОЭР деп отынның: көмірдің, кокстың, мазуттың, газдың, дизель отынының, мотор бензинінің (маркалары бойынша), сұйытылған газдың, керосиннің, электр энергиясының 2 МЭР (мемлекеттік энергетикалық тізілім) нысанында белгіленген барлық шығыстарын түсінеміз.

ЖЭС энергия сыйымдылығының негізгі көрсеткіштерінің бірі электр және жылу энергиясын жіберу бойынша шартты отынның үлестік шығындары (ШОМШ) болып табылады. Тек электр энергиясын өндіретін конденсациялық ЖЭС үшін бір ШОМШ, ал электр және жылу энергиясын аралас өндіретін ЖЭО үшін - екі ШОМШ. ШОМШ ЖЭС-тің ПӘК-мен тікелей байланысты болғандықтан, ол будың бастапқы және соңғы параметрлеріне, аралық будың болуына, қоректік суды қалпына келтіру схемасына және режим факторларына да байланысты. Қазақстанда 500, 300 және 200 МВт блоктары бар ЖЭС бар, сондай-ақ 100 МВт блоктары бар, олар жылу беру режиміне ауыстырылған. 500 және 300 МВт блоктардағы бу параметрлері шектен асқан қысымда (ШАҚ): қысым 23,5 МПа ( $240 \text{ кг/см}^2$ ),  $545 \text{ }^\circ\text{C}$  дейін буды аралық қыздырғышы бар  $545 \text{ }^\circ\text{C}$  температура. Бу параметрлері үшін 200 МВт блоктар: қысым 12,8 Мпа ( $130 \text{ кг/см}^2$ ) және температура  $545/545 \text{ }^\circ\text{C}$ . ТМД-да барлығы 500 МВт 16 блок, оның 10-ы Қазақстанда салынды. 300 МВт 354 блок, оның 8-і Қазақстанда салынды. 500 және 300 МВт блоктарының ҚА барлығы тік ағысты. Қазақстанда 200 МВт 9 блок бар, барлығы газ-мазутпен жұмыс істейді. 200 МВт ҚА блоктары тік ағысты және табиғи айналымы бар.

ҚР ірі ЖЭО-да өнімділігі 320 және 420 т/сағ ҚА бар 13,8 МПа ( $140 \text{ кг/см}^2$ ) қысымға арналған жабдық, өндірістік қыздырусыз өнімділігі 670 т/сағ бір ҚА орнатылған. Өнімділігі 160 және 220 т/сағ 9,8 Мпа ( $100 \text{ кг/см}^2$ ) қысымды ҚА, сондай-ақ өнімділігі 75, 50 және 20 т/сағ 3,8 МПа ( $39 \text{ кг/см}^2$ ) қысымды ҚА жұмыс істейді.

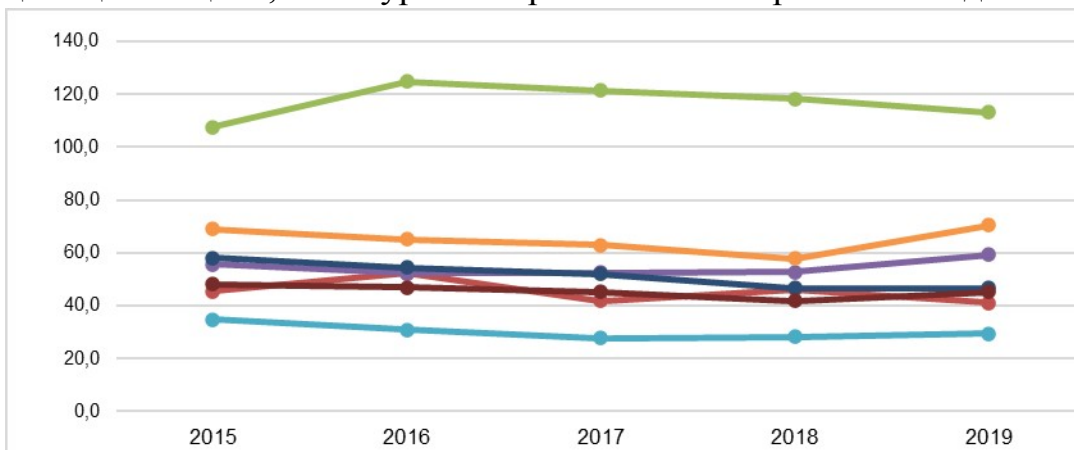
1945 жылдан бастап қолданылатын өнімділігі 32 және 110 т/сағ болатын  $32-39 \text{ кг/см}^2$  қысымды төрт америкалық Реллей Стоккер ҚА қалды. ЖЭО турбиналық паркінен: ең қуатты ПТ-135/165-130/15 бір данада, жылу беру Т- 120- 130-130, ПТ-80/100-130/13, ПТ-65/75-130/13 және қалған аз қуат, ең кішісі ПР- 5,5-35/2, 5 және Р-6-35/5. КВТК -100 қатты отындағы жылу қуаты 100 Гкал/сағ ең ірі су жылытатын қазандықтар және ПТВМ-100 газ-мазутты қазандықтар. Орта және кіші ЖЭО мен қазандықтар негізінен

50 және 30 Гкал/сағ қазандықтардан тұрады. Отын теңгерімі бойынша олар Қазақстан Республикасының барлық отын шығынының 50 %-ға жуығын жағады, бірақ өнеркәсіп пен ауыл шаруашылығының басқа салаларына жатады.



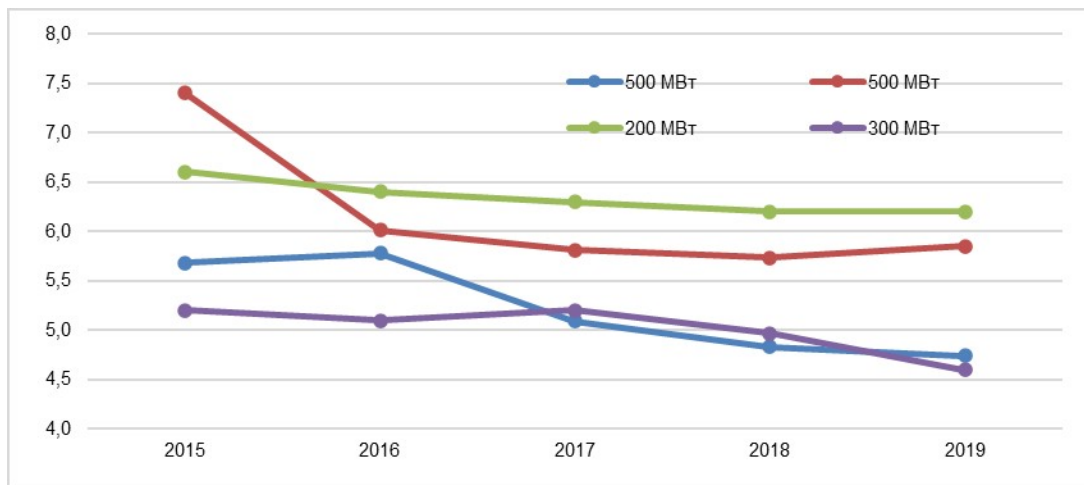
1.29-сурет. 300 және 500 МВт көмір блоктары бар КЭС энергия сыйымдылығы, шот /млн теңге [17]

ЖЭО-ның энергия сыйымдылығы тарифтердің өзгеруіне аса сезімтал емес, өйткені ЖТӨ құны екі негізгі құрамдас бөліктен: электр және жылу энергиясын өткізуден түсетін түсімнен құралады, ол энергия түрлерінің бірі бойынша тарифтердің күрт ауытқуын ішінара реттейді. 1.30-суретте  $140 \text{ кг/см}^2$  қысымға дейінгі ҚА бар ірі көмір ЖЭО-ның энергия сыйымдылығы көрсетілген. Іс жүзінде динамикасы бірқалыпты, қисық сызықсыз, 1.29-суретте берілген КЭС энергия сыйымдылығына ұқсас.

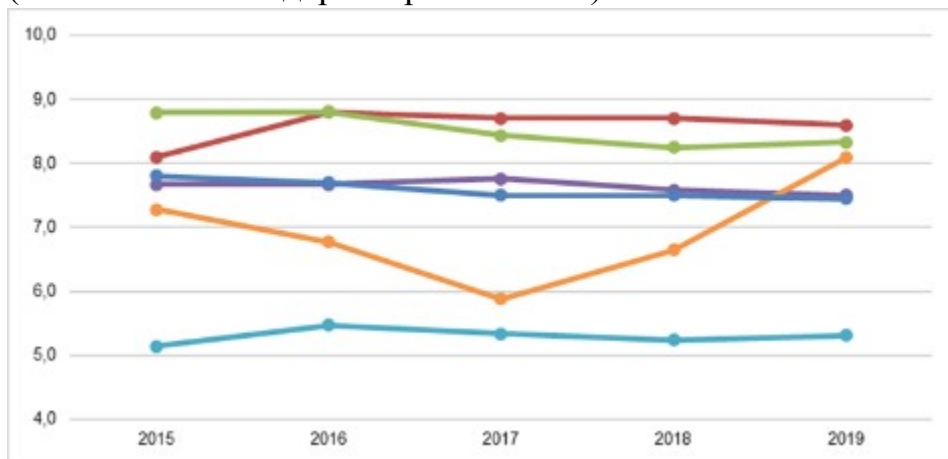


1.30-сурет.  $140 \text{ кг/см}^2$  көмір ЖЭО энергия сыйымдылығы, шот./млн теңге (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)

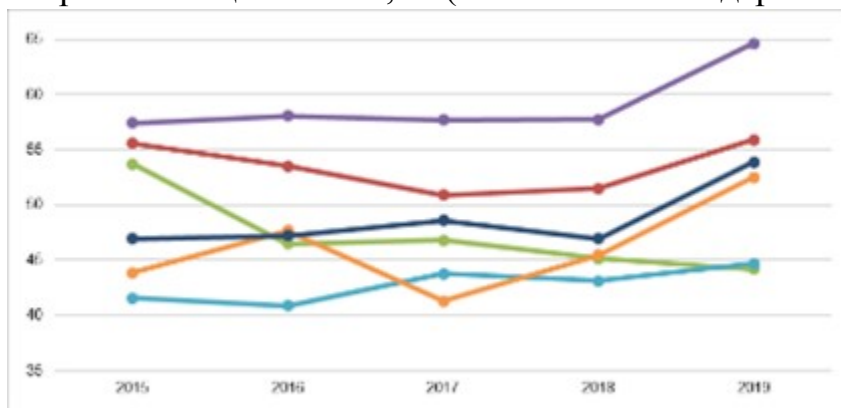




1.31-сурет. ШАҚ көмір КЭС электр энергиясын жіберу бойынша ЖҚ электр энергиясының шығыны, 140 кг/см<sup>2</sup> қысымды газбен жұмыс істейтін 200 МВт блогы, % (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)



1.32-сурет. 140 кг/см<sup>2</sup> көмір ЖЭО электр энергиясын жіберу бойынша ЖҚ электр энергиясының шығыны, % (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)



1.33-сурет. 140 кг/см<sup>2</sup> көмір ЖЭО жылу энергиясын жіберу бойынша ЖҚ электр энергиясының шығыны, кВтч/Гкал (ХЖТИЖО КТА деректері бойынша)

Энергия сыйымдылығы ШОМШ-пен қатар жеке қажеттіліктеріне жұмсалатын электр энергиясының шығыстарымен сипатталады. 1.16-суретте мәндері 200 МВт блоктары бар газ КЭС-ке қарағанда төмен 300 және 500 МВт көміртозанды блоктары бар КЭС ЖҚ арналған шығыстар көрсетілген. 200 МВт блоктары бар КЭС ЖҚ шығыстары

негізгі құраушысы газға арналған шығындар болып табылатын электр энергиясына жоғары тарифтің салдарынан станцияның төмен жүктелуін куәландырады және керісінше: бәсекелес тариф сұранысты арттырады және тиісінше өндірудің ұлғаюы, бұл ЖҚ-ға электр энергиясының салыстырмалы шығынын азайтады.

Аралас өндіріс үшін ЖҚ-ға электр энергиясының шығыны энергияның екі түріне бөлінеді. 1.32-суретте ҚА-дан  $140 \text{ кг/см}^2$  қысымға ірі ЖЭО электр энергиясын жіберу бойынша ЖҚ шығындары келтірілген. 1.33-суретте сол ЖЭО жылу энергиясын жіберу бойынша ЖҚ электр энергиясының шығындары көрсетілген. Жылу жүктемелерінің құрылымына және жылу желісінің сипаттамаларына байланысты электр энергиясын жіберу бойынша ЖҚ-ға жұмсалатын шығыстар 5 %-дан 9 %-ға дейінгі диапазонда, ал жылу энергиясын жіберу бойынша 40 кВтс/Гкал-дан 65 кВтс/Гкал-ға дейінгі диапазонда болады.

### Кәсіпорынның энергия сыйымдылығын бағалау

Энергия сыйымдылығы дегеніміз энергия бірлігіне жұмсалған ОЭР көлемі. ЖЭО энергияның екі түрін шығаратындықтан, электр және жылу энергиясы мың ГДж-ға беріледі, содан кейін энергия сыйымдылығын шот/мың ГДж-мен беруге болады. Сол сияқты энергия сыйымдылығы өндірілген энергияның млн теңгесімен беріледі, яғни шот./млн теңге. Әлемдік практикада энергия сыйымдылығын бір мың доллар өнімге (энергияға) мұнай эквивалентінің тоннасымен көрсету қабылданған. Мұнай эквиваленті 10000 ккал/кг тең. Қазақстанда шартты отын (7000 ккал/кг) деп есептеледі. Энергия сыйымдылығын бағалау үшін барлық ОЭР шығыстары таңдалады: көмір, мазут, газ, дизель отыны, А-80, А-92, А-95, А-98 маркалары бойынша мотор отыны; сұйытылған газ (пропан-бутан), керосин, кокс (жартылай кокс) және басқалары. Тиісінше, сол кезеңде электр және жылу энергиясын өндіру және босату таңдалады, мың ГДж-ға ауыстырылады: электр энергиясы миллион квт/сағ 3,6-ға көбейтіледі, жылу энергиясы мың Гкал-ға 4,187-ге көбейтіледі және қосылады:

$$\mathcal{E} = W_{3,6} + Q_{4,187}, \text{ мың ГДж}$$

$$\text{энергия сыйымдылығы} = \frac{\text{ОЭР шығыны}}{\mathcal{E}}, \text{ шот./мың ГДж}$$

$$\text{энергия сыйымдылығы} = \frac{\text{ОЭР шығыны}}{\text{ЖТӨ}}, \text{ шот./млн теңге}$$

мұндағы: ЖТӨ - жалпы тауар өнімі.

$$\text{ЖТӨ} = WT_{\mathcal{E}} + QT_{\text{ТЭ}}$$

Мұнда:  $T_{\text{ЭЭ}}, T_{\text{ТЭ}}$  - тиісінше электр және жылу энергиясына босату тарифтері: теңге / кВтс, теңге / Гкал.

ОЭР шығыстары бойынша кәсіпорындар «Мемлекеттік энергетикалық тізілімді қалыптастыру және жүргізу қағидаларын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Инвестициялар және даму министрінің 2015 жылғы 31 наурыздағы № 387 бұйрығына сәйкес Мемлекеттік энергетикалық тізілімде (2-нысан) есеп береді.

### **1.5. Негізгі экологиялық проблемалар**

Қазақстан Республикасы үшін электр энергиясын және/немесе жылу өндіру ел экономикасының жұмыс істеуінің және тіршілікті қамтамасыз етудің негізі болып табылады. Экономиканың негізгі салаларының бәсекеге қабілеттілігі және халықтың өмір сүру сапасы көбінесе тұтынушыларды қолжетімді бағамен сенімді және сапалы энергиямен жабдықтауға байланысты.

Қазіргі уақытта Қазақстанда электр энергиясын жалпы өндірудің 90 %-ы органикалық отынды, негізінен жергілікті көмірді, біршама көлемде көмірсутекті шикізатты жағу арқылы өндіріледі.

Республика аумағында электр станциялары әрқелкі орналасқан: көмір жағатын электр станцияларының негізгі бөлігі Солтүстік аймақта орналасқан. Батыс және Оңтүстік аймақтарда электр станцияларының саны және олардың қуаты әлдеқайда аз, пайдаланылатын отын - газ, Оңтүстік аймақта - отынның барлық түрлері: көмір, газ, мазут қолданылады.

Табиғи шикізат ресурстарының едәуір көлемін тұтынатын электр энергиясын және/немесе жылуды өндіру шығарындылар мен қалдықтардың едәуір көлемін қалыптастырумен қатар жүреді.

1.34-суретте отын жағатын қондырғының және онда болып жатқан процестердің жалпы схемасы көрсетілген, бұл электр энергиясын және/немесе жылуды өндіру процесінде шикізатты пайдалану және қалдықтардың пайда болуы туралы жалпы түсінік алуға мүмкіндік береді.

Электр энергиясын және/немесе жылуды өндіру үшін органикалық отынды жағу атмосфераға газ тәрізді (қышқылды) заттар, шаң, сондай-ақ парниктік газдар шығарындыларының шығарылуына әкеледі.

Өндірістік қажеттіліктерге көбінесе табиғи көздерден, кейде ауыз су сапасындағы су ресурстарының едәуір көлемі пайдаланылады және су объектілеріне эмиссиялармен қатар жүреді. Күл-қож қалдықтары жерасты сулары мен топыраққа әсер ете отырып, қоймалау үшін елеулі аумақтарды талап етеді. Негізгі экологиялық проблемалардың бірі атмосфераға шығарындылар болып табылады.



Р/н сі. М т м о с ф е р а ( А ) С у ( С ) Т о п ы р а қ ( Т )	Шаң	Күкірт оксидте рі	Азот оксидте рі	Көмірте к оксидте рі	Органи калық қосылы стар	Қышқы лдар / сілтілер / тұздар	Сутегі хлориді / фторид	Ұшпа органик алық қосылы стар	Металл және оның тұздары	Хлор ( гипохло рит)	Сынап және / немесе кадмий	РАН	Диокси ндер
12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
О т ы н д ы с а қ т а у ж і э н е п а й д а л а н у	А				С			А					
С у д ы 2 та за	С								С		С		



6 У ла р д ы та за рт у	СТ			С	С			Т		П		
7 ел ер ін ің Ү р ле у су ла р ы	С			С				С	С	С		
8 ы ң б у ла н у ы								А				

Қазақстан Республикасындағы отын жағу қондырғыларының заманауи экологиялық проблемалары төмендегілерге байланысты:

отын ретінде негізінен көмірді пайдалану, оның үстіне күлділігі жоғары сапасы төмен көмірді пайдалану - 68,9 % электр энергиясы көмірді жағу арқылы өндіріледі;

көбінесе Солтүстік аймақта, оларды өндіру орындарында көміртозанды станциялардың шоғырлануы;  
халық тығыз орналасқан қалалар мен облыс орталықтарында қуатты көмір ЖЭО орналастырылғаны,  
көмірді жағудың ескірген технологиялары, негізінен алауда;  
негізгі және қосалқы жабдықтардың айтарлықтай физикалық және моральдық тозуы;  
күл тұту тиімділігінің төмендігі және газдың тазартылмауы;  
энергия үнемдейтін технологияларды пайдаланудың төмен деңгейі;  
жылу жүктемесінің төмендеуі және соның салдарынан өндіріс тиімділігінің төмендеуі;  
технологиялық қажеттіліктерге судың жоғары шығыны, сумен жабдықтаудың айналымдық және қайталама жүйелерін шектеулі пайдалану;  
КҚҚ-ны қайта өңдеу бойынша технологиялардың болмауы,  
шығарындылар деңгейін үздіксіз бақылаудың болмауы.

### **1.5.1. Энергия тиімділігі**

Энергия тиімділігі табиғи отын ресурстарын үнемді пайдалану индикаторы ретінде ғана емес, сонымен қатар энергия бірлігін өндіру кезінде шығарылатын шығарындылардың көрсеткіші болып табылады. Экология және климаттың өзгеруіне қарсы іс-қимыл саласындағы энергетикалық секторды дамытудың міндеті өсімді жан-жақты тежеу және энергия ресурстарын өндірудің, өндірудің, тасымалдау мен тұтынудың қоршаған ортаға, климат пен адам денсаулығына теріс әсерін азайту болып табылады.

Энергия тиімділігін оңтайландыру отынның түрі мен сапасын, электр станциясының түрін (ЖЭС немесе ЖЭО), энергияны жағу және түрлендіру жүйесінің түрін (газ турбинасы, поршеньді қозғалтқыш және/немесе бу турбинасы), ортаның жұмыс параметрлерін, жергілікті климаттық жағдайларды, пайдаланылатын салқындату жүйесінің түрін, пайдалану режимін, энергияны өз қажеттіліктеріне пайдалануды, электр және жылу желілеріндегі энергия шығындарын және т.б. қоса алғанда көптеген факторларға байланысты.

Отынды пайдалы энергияға айналдыру процесінде әр кезеңнің өзіндік тиімділік коэффициенті бар. Процестің жалпы энергетикалық тиімділігі өндірістің жекелеген компоненттерінің энергия тиімділігінің жеке коэффициенттерін көбейту арқылы анықталады (брутто ПӘК).

Сонымен қатар, өндірілген энергияның бір бөлігі электр станциясының ішінде энергияны түрлендірудің технологиялық процесін жүзеге асыруға жұмсалады (отын дайындау, ауа беру, түтін газдарын тазарту және шығару, су мен салқындату жүйесін беру және т.б.), оны алып тастағанда энергияны пайдаланудың таза энергия тиімділігі (нетто пәк) қалыптасады.



Өндіріс процесінің барлық компоненттері үшін энергия тиімділігін оңтайландыруға болады.

Қоршаған ортаның климаттық жағдайлары өндіріс тиімділігіне әсер етеді: газ турбиналары мен дизельді қозғалтқыштар үшін қоршаған орта температурасы маңызды, ал бу турбиналары үшін салқындату температурасы маңызды. Салқындатылған буды конденсациялау үшін салқындату жүйелерінің әртүрлі түрлері қолданылады: өзен суымен немесе ауамен (ауа конденсаторымен) тікелей салқындату, дымқыл немесе құрғақ градирнялармен, сондай-ақ орталық жылыту суымен немесе технологиялық сумен тікелей және жанама салқындату. Әрбір жүйе энергия тиімділігіне әр түрлі әсер етеді.

### **Энергия тиімділігі және шығарындылар**

Конденсациялық электр станциясының тиімділігі турбиналық қондырғы мен салқындату жүйесінің тиімділігімен анықталады, онда отынды жағу кезінде алынған жылудың жартысына жуығы шығындалады. Қазақстан Республикасының конденсациялық электр станцияларының пайдалы әсер коэффициенті қазіргі уақытта 34-37 %-ды құрайды.

Энергия тиімділігін арттырудың неғұрлым тиімді тәсілі орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйелерінде (немесе басқа да мақсаттарда) суды жылыту үшін турбиналардан кейін жылуды пайдалануды арттыру болып табылады. Бұл әдіс когенерация немесе жылу мен электр энергиясын аралас өндіру деп аталады.

ЖЭО-да өндіріс процесі жылу үнемділігінің жоғарылауымен және КЭС-пен салыстырғанда жоғары энергетикалық көрсеткіштермен сипатталады. Бірлескен өндірістегі отын шығыны, әдетте, жылу мен электр энергиясын өндірумен салыстырғанда төмен. Қазақстан Республикасында ЖЭО-да тұрақты жылу жүктемесі кезінде отынды пайдалану тиімділігінің ауытқуы қазіргі уақытта өте ауқымды шекте: ең төменгі 32-35 %-дан ең жоғары-46-86 %-ға дейін.

Энергияны неғұрлым толық пайдалану Қазақстанда өте кең қолданыс тапқан орталықтандырылған жылумен жабдықтау деп аталатын

ЖЭО процесінің жылдық пайдаланылуына, отын түріне және ұсақ қазандықтарды ЖЭО-дан келетін жылуға ауыстыру мүмкіндігіне байланысты парниктік газдардың шығарындыларының және ластағыш заттардың төмендеуіне әкеледі. Ірі ЖЭО базасында орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйесі республикада көп жылдардан бері қолданылып келеді.

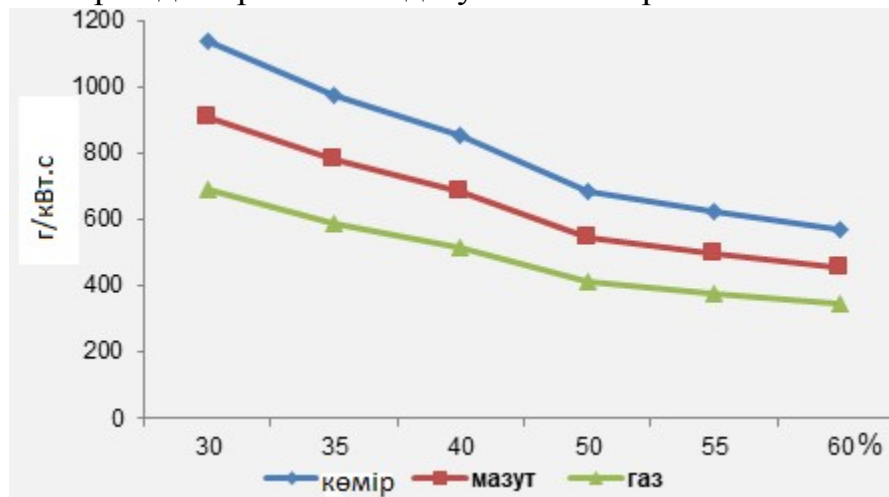
Салыстыратын болсақ: күлділігі жоғары Екібастұз көмірін жағатын (Апр р 2,5 %\*кг/МДж) және тазарту тиімділігі бірдей Қазақстан Республикасында электр станциялары үшін бір өнім бірлігіне шаққан кездегі ластағыш заттардың шығарындылары мыналарды құрайды: КЭС-те = 2,8÷4,1 кг/ГДж, ЖЭО-да = 1.2 а 1,7 кг/ГДж.

Өзгеру аралығы тұрақты жылу жүктемесінің болуына және нәтижесінде ең тиімді жылу режимінде электр энергиясын өндіруге байланысты. Электр энергиясын тек жылу

тұтынып өндіретін жеке отын жағатын қондырғылар бар және олар үшін тиімділік 86 % жетеді.

Осылайша, ЖЭО-мен отынның жалпы шығынын азайтудың қолайлы әсер ету дәрежесі көбінесе жылдық пайдалану деңгейіне байланысты болады, әсіресе жазда жылу жүктемесі аз болған кезде.

Энергия тиімділігін арттыру - парниктік газдар шығарындыларына әсер етудің маңызды көрсеткіші. Төменде ПӘК ұлғая отырып  $\text{CO}_2$  парниктік газдың үлестік шығарындыларын төмендету кестесі көрсетілген.



1.35-сурет. ПӘК (нетто) байланысты  $\text{CO}_2$ , г/кВт\*сағ шығарындылары, %

Жүктеменің қондырғының энергия тиімділігіне әсері

Құрылыс кезінде кейбір ЖЭС толық жүктеме немесе негізгі жүктеме кезінде жұмыс істеуге арналған, ал кейбір ЖЭС жүктеме ауытқуларымен жұмыс істеуге арналған. Біраз уақыт жұмыс істегеннен кейін, басқа, тиімдірек немесе арзандау қондырғылар салынуы мүмкін, бұл ескі қондырғылар толығымен жабылғанша төменгі жүктемелермен жұмыс істей бастайды. Болашақта қазба отынмен жұмыс істейтін қондырғылар төмен жүктемелермен және құбылмалы жүктемелермен жұмыс істеуге мәжбүр болады деп күтілуде, өйткені тұрақты емес жаңартылатын энергия көздерімен жұмыс істейтін қондырғылар салынады. Қоршаған ортаның ластануымен күресу үшін жаңартылған жабдықты енгізу құны түпкілікті жабылғанға дейін төменгі жүктемелерде жұмыс туралы шешім қабылдауға ықпал етуі мүмкін.

### 1.5.2. Атмосфераға шығарындылар

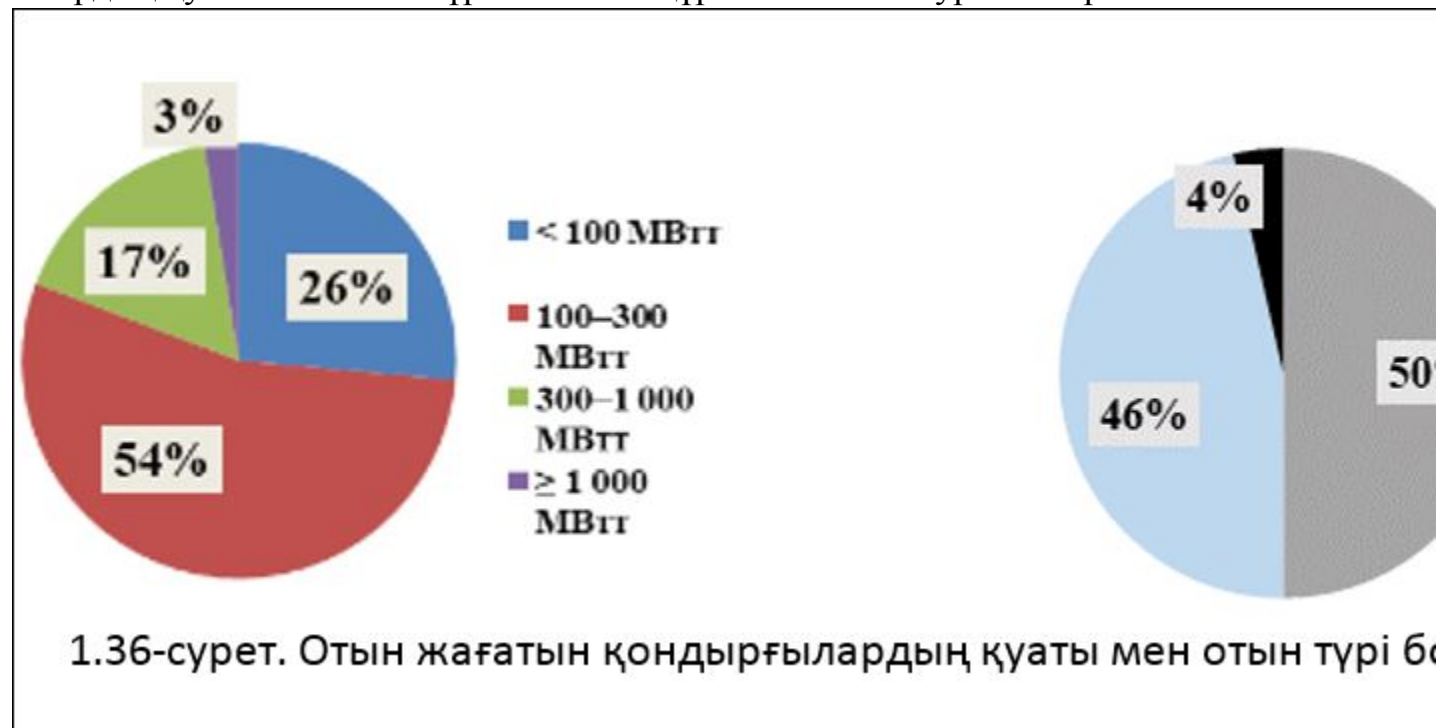
Отын жағатын Қазақстан Республикасында электр станциялары мен қазандықтарында атмосфераға отынның түріне байланысты ластағыш заттардың шамамен 30 түрі және  $\text{CO}_2$  сияқты парниктік газдар шығарылатын атмосфераға шығарындылардың ұйымдастырылған, сондай-ақ ұйымдастырылмаған көптеген стационарлық көздері бар. Атмосфераға ластағыш заттар шығарындыларының негізгі үлесі түтін құбырлары арқылы отын жағатын қондырғылардың шығатын газдары бар шығарындылардың

ұйымдастырылған көздеріне тиесілі - шығарындылардың жалпы санының шамамен 99 % -99,5 %. Олардың құрамында қазандықтарда көмір жағу кезінде түзілетін негізгі ластағыш заттар бар: SO<sub>2</sub> күкірт диоксиді, NO<sub>x</sub> азот диоксиді, CO көміртегі оксиді, бейорганикалық шаң: 70-20 % SiO<sub>2</sub> (көмір күлі). Газды жағу кезінде шығарындылар құрамындағы ластағыш заттар мыналар болып табылады: азот диоксиді және көміртегі тотығы; мазутты жағу кезінде - азот және күкірт диоксиді, көміртегі тотығы, мазут күлі (ванадийге қайта есептегенде). Көмір күлінің шығарындылары PM<sub>10</sub> деп аталатын аэродинамикалық диаметрі 10 мкм-ден кем және PM<sub>2.5</sub> деп аталатын диаметрі 2,5 мкм-ден кем қатты бөлшектердің шығарындыларын да қамтуы мүмкін.

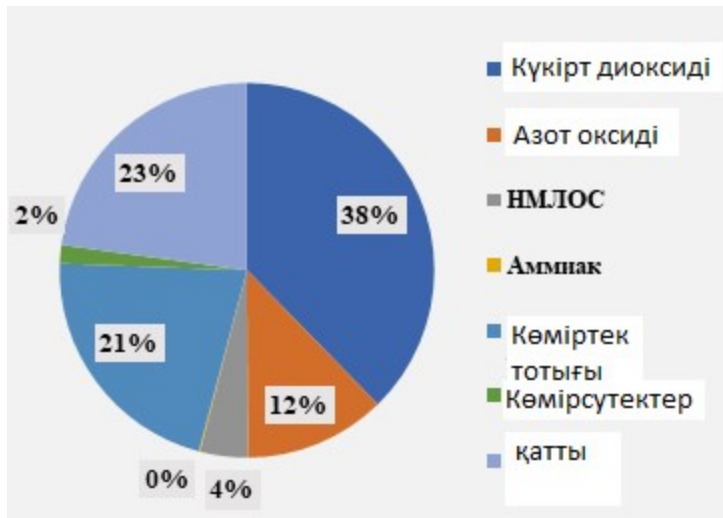
Ауыр металдар, сутегі фторы, сутегі хлориді, жанбайтын көмірсутектер, металл емес ұшпа органикалық қосылыстар (NMLOS) және диоксиндер сияқты басқа заттар аз мөлшерде шығарылады (олардың үлесі 0,5 % -1,0 % аспайды. шығарындылардың жалпы көлемінде), бірақ олар уыттылығына немесе тұрақтылығына байланысты қоршаған ортаға айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

Өндіріс технологиясы бойынша негізгі ластағыш заттардың шығарындылары тұрақты болып табылады, жыл бойы үздіксіз жүзеге асырылады, басқа ластағыш заттардың шығарындылары мерзімді болып табылады.

Қазіргі уақытта республикада шамамен 400 отын жағатын қондырғы (ы 50 МВт) бар. Олардың қуаты мен отын түрі бойынша құрылымы 1.36-суретте көрсетілген.



2018 жылдың қорытындысы бойынша республиканың стационарлық көздерінен ластағыш заттардың жалпы шығарындылары 2,225 млн тоннаны құрады, оның ішінде күкірт диоксиді шығарындылары басым.



1.37-сурет. Қазақстан Республикасы бойынша жалпы шығарындылардың құрылымы

Энергетикаға 941 мың тонна (2018 ж) немесе республика бойынша жалпы шығарындылардың 42 %-ы тиесілі. 1.38-суретте соңғы жылдардағы салалық шығарындылардың өзгеру динамикасы көрсетілген.

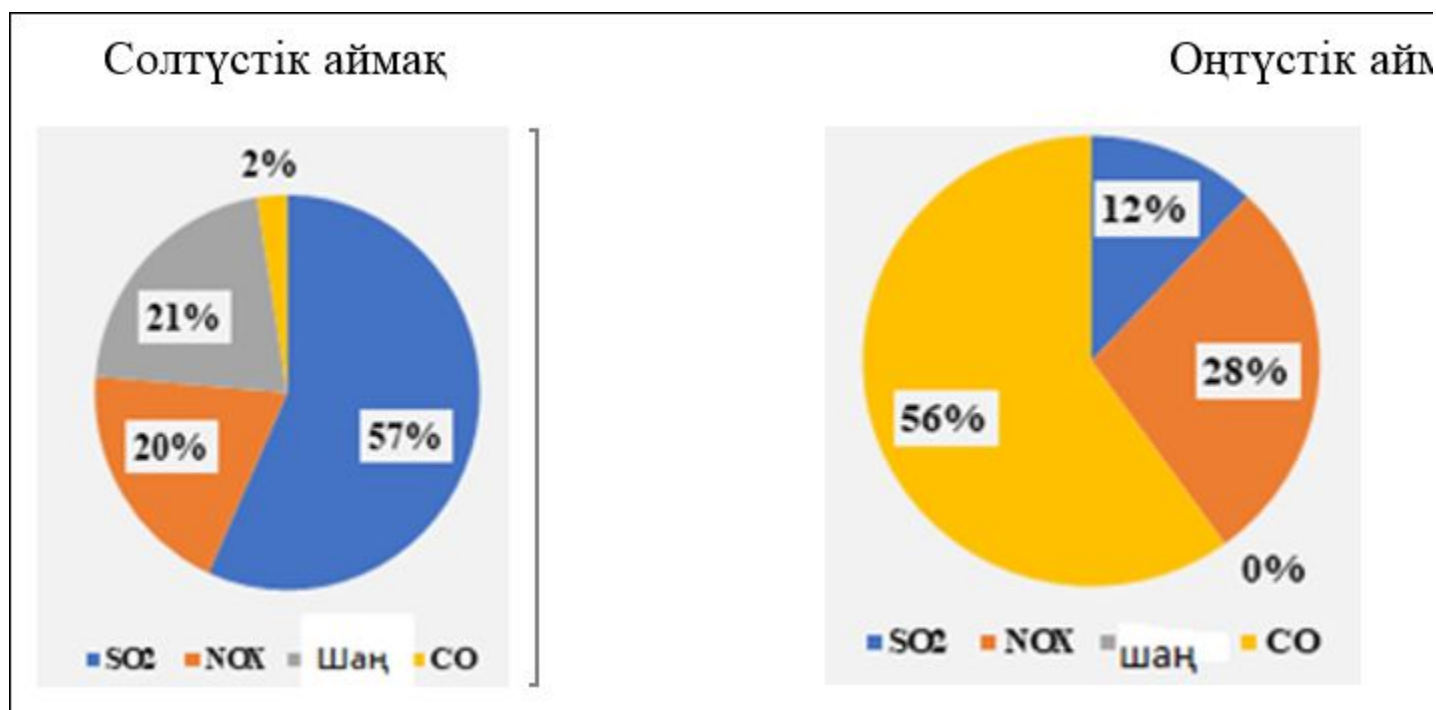


1.38-сурет. Салалық шығарындылардың өзгеру динамикасы

Шығарындылардың өңірлік құрылымында Солтүстік аймақтың энергия көздерінен шығарындылар (92 %) басым, ал олардың ішінде Қарағанды (39÷42 %) және Павлодар (38÷39 %) облыстарының шығарындылары басым. 1.12-кестеде отын тұтынудың жалпы жылдық көлемімен бірге энергиямен жабдықтау аймақтары бойынша (2018 ж.есеп) отын жағатын қондырғылардан атмосфераға шығарындылар (р50 МВт) келтірілген. Энергиямен жабдықтау аймақтары бойынша шығарындылардың құрылымы пайдаланылатын отын түрімен айқындалады (1.39-сурет). Пайдаланылатын отынның түрлері 1.3-кестеде келтірілген.

1.12-кесте. Ірі отын жағу қондырғыларының атмосфераға шығарындылары (2018)

Р/с №	Қазақстан Республикасын энергиямен жабдықтау аймағы	Отын тұтыну мың шот./ жыл	SO <sub>2</sub> т/жыл	NO <sub>x</sub> т/жыл	Шаң т/жыл	СО т/жыл
1	2	3	4	5	6	7
1	Солтүстік аймақ	30635	435540	150243	162560	19411
2	Оңтүстік аймақ	3849	37389	15315	13395	20176
3	Батыс аймақ	4963	3552	8315	0	17753



1.39-сурет. Энергиямен жабдықтау аймақтары бойынша шығарындылардың құрылымы

### 1.5.2.1. Күкірт оксиді (SO<sub>x</sub>)

Отын жағатын қондырғылар шығаратын ең үлкен және қиын басқарылатын ластағыштардың бірі - күкірт оксиді (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> аз мөлшерде).

Камералық оттықтарда отынды жағу кезінде барлық күкірт іс жүзінде күкіртті ангидридке өтеді (қабатты оттықтарда көмірді жағу кезінде-80-90 %), сондықтан түтін газдарындағы күкірт диоксидінің құрамы жағу процестерінің ұйымдастырылуына тәуелді емес және отында күкірт құрамы толықтай дерлік анықталады. Қазба отында күкірт бейорганикалық сульфидтер немесе органикалық қосылыстар түрінде болады. Мысалы, көмірдегі күкірт пиритті күкірт, органикалық күкірт, күкірт тұздары және қарапайым күкірт түрінде болуы мүмкін.

Қондырғылардың отын теңгерімінде басым болатын Екібастұз көмірі күкірт құрамы бойынша аз ластанған көмірге жататынын атап өткен жөн: отынның жұмыс массасындағы орташа құрам 0,5-0,7 %-ды, өнім берушінің деректері бойынша жұмыс массасындағы күкірттің ең көп мөлшері і 1,2 %-ды құрайды.

Қатты және сұйық отынды жағу кезінде отында ауыспалы металдардың болуы 0,5-тен 4 %-ға дейін күкірт триоксидіне (SO<sub>3</sub>) каталитикалық тотығуды тудырады. Қосымша тотығу селективті каталитикалық тотықсыздану жүйесімен (EAB) жабдықталған қондырғыларда орын алуы мүмкін, мұнда SO<sub>3</sub> шығарындылары бөлінетін күкірттің жалпы мөлшерінің 5 %-ын құрауы мүмкін. Күкірт триоксиді шаң бөлшектеріне

адсорбцияланады, ал қатты отын қолданылған жағдайда ол электр сүзгілердің жұмысын жандандыра алады. Сұйық отын түрлерін қолданған кезде  $\text{SO}_3$ -тің жоғары деңгейі құрамында қышқыл бар күйенің түзілуіне әкеледі. Сонымен қатар, мазутпен жұмыс істейтін қазандықтардан «көк түтін» шығуы мүмкін. Бұл оптикалық құбылыс  $\text{SO}_3$ -тің мұнай құрамында ванадийдің болуына байланысты  $\text{SO}_3$  өте көп түзілетін күкіртқышқылды аэрозольге гидраттануына байланысты деп болжанады.

1.40-суретте Қазақстан Республикасындағы стационарлық көздерінен атмосфераға  $\text{SO}_2$  шығарындылары көрсетілген. 2018 жылы отын жағатын қондырғылардан атмосфераға шамамен 476 мың т  $\text{SO}_2$  шығарылды, бұл барлық стационарлық көздерден шығарылатын күкірт шығарындыларының жалпы санының 57 %-ын құрады.



1.40-сурет. Қазақстан Республикасының стационарлық көздерінен атмосфераға  $\text{SO}_2$  шығарындылары

### 1.5.2.2. Азот оксиді ( $\text{NO}_x$ )

Қазба отындарын жағу кезінде шығарылатын негізгі азот оксидтері: азот оксиді ( $\text{NO}$ ), азот диоксиді ( $\text{NO}_2$ ) және азот оксиді ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Осылардың алғашқы екеуі отын жағатын ірі қондырғылардың негізгі типтері бөліп шығаратын азот оксидінің үлкен бөлігін құрайтын  $\text{NO}_x$  деп аталатын қоспаны құрайды.

$\text{NO}_x$ -тің түзілу көзі жағу кезінде тотықтырғыш ретінде қолданылатын ауаның молекулярлық азоты немесе отынның азот құрамдас компоненттері болып табылады.

Осыған байланысты азот оксиді ауа және отын азоты деп екіге бөлінеді.

Ауа азоты, өз кезегінде, молекулалық азоттың атомды оттегімен тотығуына байланысты жоғары температурада пайда болатын жылу болып (Зелдович механизмі) және аралық көмірсутек қосылыстарының қатысуымен жалынның алдыңғы жағындағы молекулалық азоттың өзгеруі нәтижесінде салыстырмалы түрде төмен температура аймағында пайда болатын «жылдам» азот оксидтері болып бөлінеді.

Үш түзілу көзінің салыстырмалы рөлі жану аймағындағы температура деңгейіне, отындағы байланысқан азот құрамына, сондай-ақ кейбір жану процестеріне байланысты.

«Жылдам»  $\text{NO}_x$  түзілу механизмінен түзілген  $\text{NO}_x$  саны, әдетте, басқа көздерден түзілген мөлшерден әлдеқайда аз.

Термиялық  $\text{NO}_x$  түзілуі температураға байланысты. Жағу 1000 уС-тан төмен температурада орындалған кезде,  $\text{NO}_x$  шығарындылары едәуір төмен болады және  $\text{NO}_x$  түзілуі негізінен отын азотына байланысты болады.

Отындық  $\text{NO}_x$  түзілуі отындағы азот құрамына және реакциялық ортадағы оттегінің концентрациясына байланысты. Өндірілген отындық  $\text{NO}_x$  мөлшері көмірді пайдаланатын қондырғыларда көп, өйткені оның құрамында басқа отындарға қарағанда азот көп. 1.13-кестеде отынның әртүрлі түрлеріндегі азоттың орташа мөлшері көрсетілген.

### 1.13-кесте. Байланысқан отын азоты

Р/с №	Отын	Байланысқан отын азоты (%масс., құрғақ, күлсіз күйде)
1	2	3
1	Кен орындары бойынша көмір:	
2	Екібастұз	1,35-1,80
3	Қарағанды	0,70- 0,90
4	Майкөбе	0,70-0,85
5	Бөрілі	1,40-1,45
6	Шұбаркөл	1,60-1,90
7	Биомасса (ағаш)	< 0,5
8	Шымтезек	1,5–2,5
9	Мазут	< 1,0
10	Табиғи газ	0,0
11	Туынды газдар	0,1–1 (>>> 1 хим.көздері)

Қолданылатын жағу процесінің түрі азот оксидтерінің мөлшеріне әсер етеді. Мысалы, көмірді жаққан кезде:

жылжымалы желтартқыш торы бар қазандықты пайдалану кезінде оттың салыстырмалы төмен температурасына және жалынның тор бойынша прогрессивті қозғалу қасиетіне байланысты  $\text{NO}_x$  шығарындыларының деңгейі төмен болады;

тозаң тектес отынды жағу қазандығындағы шығарындылар мөлшері жоғары, ол оттықтың түріне және жану камерасының конструкциясына қарай өзгереді;

псевдосұйылтылған қабаты бар қазандықты пайдалану кезінде  $\text{NO}_x$  шығарындыларының мөлшері қарапайым қазандықтарға қарағанда төмен, бірақ пештің жұмыс температурасы тым төмен болса, шығарындылар көп болуы мүмкін.

Термиялық  $\text{NO}_x$  түзілу механизмі газ тәрізді отынды пайдалану кезінде басым көз болып табылады. Өндірілген отындық  $\text{NO}_x$  мөлшері көмір мен мазутты қолданатын қондырғыларда көп, өйткені олардың құрамында азоттың көп мөлшері бар.



Қазандықтардың оттықтарында және басқа да отын жағатын қондырғыларда азот пен оттектен азот тотығының (NO) пайда болу процесі белсенді жүретінін есте ұстаған жөн. Мұржадан шыққаннан кейін азот оксидінің негізгі бөлігі салыстырмалы түрде қысқа мерзімде (1-3 сағат) 45 ккал/ моль жылу шығара отырып қостотыққа түрленеді. (И.Я. Сигал). Ауадағы озон мөлшері шешуші рөл атқарады, тотығу реакциясы әсіресе күн сәулесінің әсерінен қарқынды жүреді.

АҚШ-та жүргізілген зерттеулердің деректері бойынша қазандық агрегаттары үшін  $\text{NO}_2 / (\text{NO}_2 + \text{NO})$  арақатынасы 5-11 % шегінде, ресейлік зерттеулер деректері бойынша - 2-3 % - дан көп емес.

Қайнаған, айналымдағы немесе сығылған псевдосұйылтылған қабатта жаққан кезде, әдеттегі стационарлық жағу қондырғыларының шығарындыларымен салыстырғанда, бөлінетін азот шала тотығының ( $\text{N}_2\text{O}$ ) мөлшері салыстырмалы түрде жоғары болады. Азот шала тотығы ( $\text{N}_2\text{O}$ ) сонымен қатар тропосферада термиялық инфрақызылдың сіңірілуіне байланысты парниктік әсердің дамуына тікелей ықпал етеді.  $\text{N}_2\text{O}$  тропосферада өте ұзақ сақталады, өйткені ол басқа газдармен, бұлттармен және аэрозольдермен әрекеттеспейді.  $\text{N}_2\text{O}$   $\text{O}_3$  болған кезде ыдырайды және  $\text{NO}_x$  құрайтын  $\text{NO}_2$  және NO түзеді.

1.41-суретте Қазақстан Республикасының стационарлық көздерінен атмосфераға  $\text{NO}_x$  шығарындылары көрсетілген.

2018 жылы отын жағатын қондырғылардан атмосфераға шамамен 174 мың т  $\text{NO}_x$  шығарылды, бұл барлық стационарлық көздерден шығарылатын  $\text{NO}_x$  шығарындыларының жалпы санының 64 % ын құрады.



1.41-сурет. Қазақстан Республикасының стационарлық көздерінен атмосфераға  $\text{NO}_x$  шығарындылары, 2018 жыл

### 1.5.2.3. Шаң

Көмірді, шымтезекті және биомассаны жаққан кезде бөлінетін шаң негізінен отынның минералды фракциясынан пайда болады. Шаңның аздаған бөлігінде толық жанбаған



отындық көміртегі болуы және жану кезінде буланатын конденсация нәтижесінде пайда болған қосылыстардан тұратын өте ұсақ бөлшектер болуы мүмкін.

Жану процесінің түрі қазандықтардан шығатын түтін газының шығарындыларындағы күлдің үлесіне айтарлықтай әсер етеді. Мысалы, жылжымалы желтартқыш торлы қазандықтарда күл шаңын салыстырмалы түрде аз мөлшерде шығарады (жалпы күлдің 20-40 %), ал шаң-тозаңды отынды жағатын қазандықтар көп күл шығарады (80-90 %).

Сұйық отынды жағу кезінде қатты бөлшектер де шығарылады, бірақ көмірді жаққанға қарағанда аз мөлшерде болады. Атап айтқанда, отынды жағу жағдайы нашар болған кезде, күйе көп шығады, күкірт триоксиді болған кезде күйе коррозиялық қасиеттері бар қышқыл агломераттарын шығаруға қабілетті болады.

Табиғи газды жағу көп шаң шығаратын шығарындылар көзіне жатпайды. Екінші жағынан, кейбір өнеркәсіптік газдарда өндіріс процесінде немесе егер бұл болмаса, жану процесінің алдында сүзілетін бөлшектер болуы мүмкін.

Сонымен қатар, көптеген қондырғыларда ұйымдастырылмаған шығарындылар болуы мүмкін (көмірді ашық жерде өңдеу және сақтау, шаңды жағу қазандықтары үшін көмірдің тақтау, күлді өңдеу және т.б.)



1.42-сурет. Қазақстан Республикасының стационарлық көздерінен атмосфераға бөлінетін шаң шығарындылары, 2018 жыл

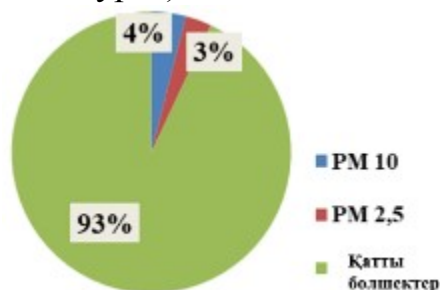
Экологиялық проблемалар, атап айтқанда денсаулыққа әсер ету, негізінен диаметрі 2,5 мкм-ден аз бөлшектерге байланысты, олар атмосферада бірнеше күн немесе тіпті апта бойы тұрақтап қалуы мүмкін. Экологиялық проблемалар топырақта тұндырылғаннан кейін немесе олар еріген және су объектілеріне тасымалданған кезде тұрақты қосылыстардың ұзақ жиналуынан да туындауы мүмкін. Бөлшектердің ауадан жерге түсу немесе шөгу арқылы қозғалу қашықтығы физикалық қасиеттеріне және ауа райының жағдайларына байланысты. Мөлшері, тығыздығы және пішіні бөлшектердің шөгу жылдамдығына әсер етеді. Диаметрі 10 мкм-ден асатын бөлшектер тез шөгеді. Олардың әсері негізінен ластану көзінің жанында ғана байқалады. Диаметрі 10 мкм-ден аз және әсіресе 2,5 мкм-ден аз ұсақ бөлшектер шөккенге дейін жүздеген шақырымнан астам қашықтыққа қозғалып кете алады. Аэрозольдер көбінесе бұлттың түзілуі үшін конденсация өзегі ретінде әрекет етеді және жаңбырмен жуылып кетеді.

Бастапқы өңделмеген газдан салмағы бойынша 95-98 % алып тастау арқылы шығарындылармен күресудің өнеркәсіптік әдістері қатты бөлшектерге қатысты тиімді.

Қолжетімді бөлшектерді алып тастау көрсеткіштері қолданылатын тазарту

технологиясына байланысты, ал кейбір басқа отындар үшін, мысалы, мұнай, бөлшектердің құрамы мен мөлшеріне байланысты төмен болуы мүмкін. Өлшемі  $PM_{10}$  және одан аз болатын ұсақ бөлшектер үшін жою тиімділігі төмендейді, осыған байланысты диаметрі 0,1-ден 10 мкм-ге дейінгі бөлшектердің көпшілігі атмосфераға түседі.

Статистикалық деректерге сәйкес 2018 жылы ЖЭС қатты бөлшектер шығарындыларының жалпы санынан ұсақ дисперсті  $PM_{10}$  - 4 %,  $PM_{2,5}$  - 3 % құрады (1.43-сурет).



1.43-сурет. Қазақстан Республикасының стационарлық көздерінен атмосфераға ұсақ дисперсті бөлшектер шығарындылары, 2018 жыл

Бағалауға әдістемелік тәсілдердің және оларды қолда бар күлтұтқыш қондырғылармен ұстау тиімділігі жөніндегі деректердің болмауына байланысты Қазақстан Республикасының қолданыстағы заңнамасымен Қазақстан Республикасында жағу процестерінен бөлінетін ұсақ дисперсті бөлшектер шығарындыларының міндетті есебі әлі күнге дейін реттелмейді. Шаң шығарындыларын бағалау фракциялар бойынша бөлінбей, тұтастай жүзеге асырылады.

Ұсақ бөлшектедің басым көпшілігі қапшық сүзгілерде тұтылып қалатыны белгілі. Осы уақытқа дейін Қазақстан Республикасында отын жағу қондырғыларында қапшық сүзгілер пайдаланылған жоқ, қолданыстағы өнеркәсіптік алаңдардың тығыз орналасуы негізінде қапшық сүзгілер мен электр сүзгілерін біріктіруді көздейтін гибриді күлтұтқыштарды монтаждауды көздейтін бірқатар қондырғылардағы қолданыстағы электр сүзгілерін қайта құру жобалары орындалды.

#### 1.5.2.4. Металдар

Металдардың шығарындылары олардың табиғи заттар түрінде отынның құрамында болуына байланысты. Қарастырылған металдардың көпшілігі (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, V) әдетте бөлшектермен біріктірілген қосылыстар (мысалы, оксидтер, хлоридтер) түрінде шығарылады. Бу фазасында тек Hg және Se бар. Атап айтқанда, Hg алыс қашықтықтағы трансшекаралық ауаны ластағыш ретінде белгілі, бұл шығарындылар көзінен алыс жерлерде ластану проблемаларын тудыруы мүмкін.

Ұшпалығы төмен элементтер түтін газының ағынында ұсақ бөлшектердің бетінде конденсациялануға бейім. Осылайша, ең кішкентай бөлшектердің байытылуы байқалады.

Көмірдегі металдардың мөлшері әдетте мұнайға (мазуттағы Ni және V құрамын қоспағанда) немесе табиғи газға қарағанда бірнеше есе жоғары. Көптеген металдар оксидтер, сульфаттар, алюмосиликаттар сияқты қосылыстарда және ангидриттер мен гипс сияқты минералдарда химиялық байланысқан. Элементтердің бөлінуі қосылыс бөлшектерінің табиғаты мен мөлшеріне байланысты. Мысалы, көмірді жағу кезінде бөлшектер ұшпа элементтердің булануына әкелетін күрделі өзгерістерге ұшырайды. Металл қосылыстарының булану дәрежесі отынның сипаттамаларына (мысалы, көмірдегі концентрацияға, кальций сияқты Бейорганикалық қосылыстардың фракцияларына) және қолданылатын технологияның сипаттамаларына (мысалы, қазандықтың түрі, жұмыс режимі) байланысты.

Қазақстанның көмірінің құрамы тұтастай алғанда ілеспе бағалы және уытты элементтер-қоспалар кешені бойынша нашар зерттелген. Көмірді ілеспе элементтер кешеніне бағалау үшін Қазақстанның түрлі көмір бассейндері мен кен орындарының көмірге сыйымды жыныстарының және көмірдің 100 сынамасынан тұратын жинағы дайындалды және зерттеу жүргізілді.

Көмірдің 74 сынамасында 29 элемент-қоспалардың құрамы анықталды (1.14-кесте).

1.14-кесте. Қазақстанның көмір бассейндері мен кен орындарындағы қоспа-элементтердің орташа құрамы, г/т

Элемент	Бассейндер, кен орындары.						Көмірге арналған уыттылық шеңбері [10]	Ең төменгі маңызы [7]	Көмірге арналған уыттылық шеңбері [7]
	Екібастұз	Қарағанды	Қаражыра	Талдықөл	Сарыкөл	Шұбаркөл			
Sc (10,02)	8,7	6,0	8,9	8,7	7,9	0,42	3,7	10	д.ж.
Cr (2)	7,3	10,0	23,5	34,9	17,7	3,2	17	1400	100



1(40,01)	0,8	0,44	1,1	0,8	0,5	0,04	0,43	д.ж.	д.ж.
Tb1(50,05)	0,6	0,25	0,67	0,6	0,4	0,04	0,31	д.ж.	д.ж.
Yb1(60,1)	2,0	0,62	1,9	1,9	1,3	0,32	1	1,5	д.ж.
Hf1(70,01)	2,5	1,8	0,74	2,1	1,9	0,05	1,2	5	д.ж.
Au, мг1/т8(80,01)	0,88	<0,01	11,0	1,6	0,82	4,3	4,4	20	д.ж.
Hg1(90,002)	0,07	0,87-1,25	0,013-1,7	0,05	0,08	д.ж.	0,1	1,0	1,0
Th2(0,2)	2,7	1,1	0,1	3,3	3,9	0,12	3,2	д.ж.	д.ж.
U2(10,1)	0,98	0,42	0,5	9,0	1,0	0,17	1,9	д.ж.	д.ж.
A2d, %2	36,4	9,8	11,7	25,3	25,7	д.ж.			

ескертпе: д.ж. - деректер жок.

Нәтижесінде күл шаңы мен күл қалдықтарында әртүрлі пропорцияда әртүрлі металдар кездеседі. Мысалы, күл шаңы мен күл қалдықтарындағы марганец пен темірдің мөлшері бірдей, ал түтін газы шығарындыларының қатты бөлшектерінде олар аз

мөлшерде болады. Керісінше, кадмий, қалайы, мырыш, қорғасын, сурьма және мысқа келетін болсақ, олардың күл шаңындағы мөлшері 80 %-ға дейін, ал күл қалдықтарында шамамен 5-10 % құрайды. Алайда, селеннің тек 15 %-ы және мышьяқтың 2 %-ы қатты заттардың ішінде болады, ал бұл элементтердің тек 5 %-ы ұшпа қалдықта сақталады.

Осыған ұқсас жағдай сынапта да бар, сынаптың 85 %-ы атмосфераға шығарылады немесе ұсталып, күл шаңының бөлшектерінде қалады, ал аз мөлшерде күл қалдықтарында сақталады.

Тотыққан сынап көмірді жағудан түтін газында көп мөлшерде болады және суда еритін болғандықтан, дымқыл әктас скрубберлері сияқты SO<sub>2</sub> шығарындыларын бақылау шараларымен оңай тұтып алуға болады. Түтін газындағы галогендердің (яғни хлоридтің) концентрациясы да маңызды, өйткені олар сынаптың тотығуына ықпал етеді. Сынаптың байланысқан бөлшектерін қолданыстағы бөлшектерді басқару құралдары да оңай тұтып алады. Жоғары концентрациядағы лигниттің жану түтін газдарындағы қарапайым сынапты лигнитті жағатын зауыттарда басым болатын ластануды бақылау құралдарымен ұстап алу қиын (яғни, SLE жүйесі жоқ). Бұл күл шаңындағы көміртегі деңгейінің төмендігімен бірге осы отынды пайдалану кезінде сынап шығарындыларының жоғары деңгейіне әкеледі. Бұл жағдайда бөлшектердегі сынаптың адсорбция/абсорбция деңгейі төмен.

Қарапайым сынаптың өмірлік циклінің уақыты бір жылға дейін, ал сынаптың тотыққан формаларында бұл кезең атмосфералық ылғалдылықта жоғары ерігіштігіне байланысты бірнеше күн және одан да аз болады. Осылайша қарапайым сынап ұзақ қашықтыққа жылжи алады, ал тотыққан және ұсақ түйіршікті сынап шөгінділері тек эмиссия көзіне жақын таралады.

«Қазақстанда Минамат конвенциясын ратификациялау перспективалары» баяндамасының деректері бойынша (авторы Нина Гор, 2017 жылғы 27 наурыз, Мәскеу қ., UNDP жобасы) сынап шығарындыларына жүргізілген түгендеу 2014 жылы сынаптың ауаға жалпы түсімі 54,5 т құрағанын, оның ішінде 10,3 т (немесе 18,8 %) көмір және өзге де табиғи отын мен биомассаны жағу үлесінде екенін көрсетті.

Минамат конвенциясын 170 ел ратификациялады. Қазақстанда Конвенцияға қосылу бойынша мемлекетішілік рәсімдер жүргізіліп жатыр.

#### **1.5.2.5. Көміртек тотығы (CO)**

Көміртек тотығы (CO) әрдайым жану процесінің аралық өнімі ретінде пайда болады, әсіресе стехиометриялық емес жану жағдайында.

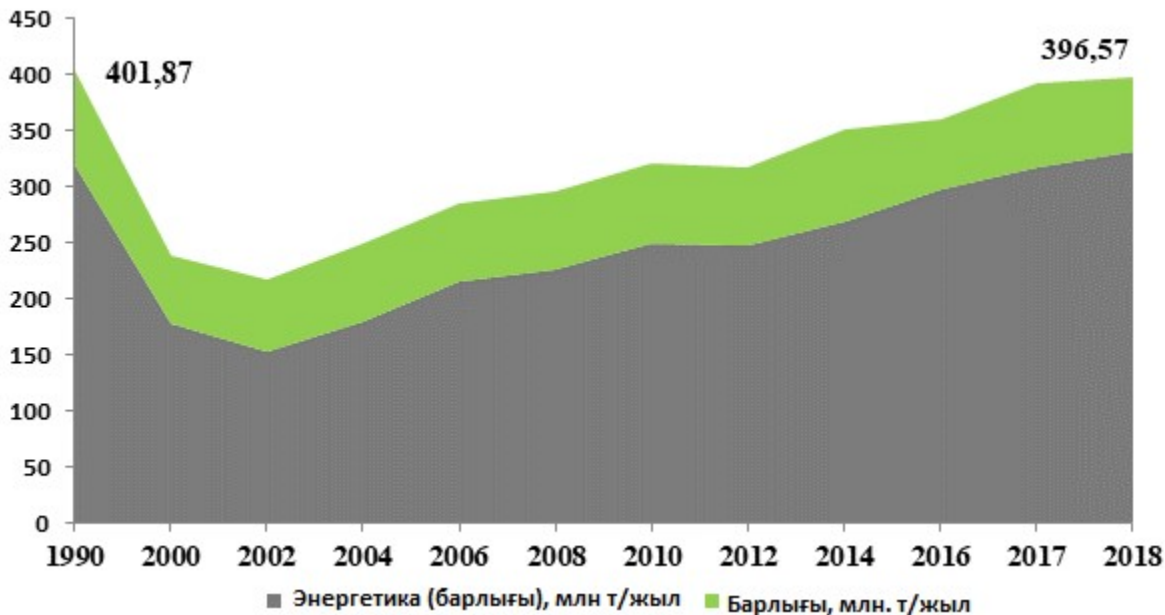
1.44-суретте атмосфераға CO шығарындылары көрсетілген. 2018 жылы атмосфераға отын жағатын қондырғылардан жалпы 0,3 мың тонна CO түсті, бұл Қазақстан Республикасындағы шығарындылардың жалпы көлемінің 12,0 %-ын құрайды.



1.44-сурет. 2018 жылы Қазақстан Республикасында атмосфераға CO<sub>2</sub> шығарындылары

### 1.5.2.6. Парниктік газдар

Парниктік газдар жаһандық жылынуға ықпал етеді, өйткені олар атмосферада жылуды ұстап қалады. Көмірқышқыл газы (CO<sub>2</sub>), азот оксиді (N<sub>2</sub>O), күкірт гексафториді (SF<sub>6</sub>) және метан (CH<sub>4</sub>) - отын жағатын қондырғылардың әсерінен пайда болатын маңызды парниктік газдар. Энергетика шығарындыларын бөле отырып, жалпы республика бойынша CO<sub>2</sub>-ге келтірілген парниктік газдар шығарындыларының деңгейі 1.45-суретте берілген (Қазақстан Республикасының Статистика агенттігінің деректері, [17]) Суретте көрсетілген деректер энергетика парниктік газдар түсімінің негізгі көзі болып табылатындығын көрсетеді, оның үлесіне әр жылдары 71 %-дан 84 %-ға дейін келеді.



1.45-сурет. Атмосфераға CO<sub>2</sub> шығарындыларының өзгеру динамикасы

### 1.5.2.7. Сутегі хлориді (HCl)

Түтін газдарын күкіртсіздендірмей отын жағатын қондырғылар атмосфераға сутегі хлоридінің өнеркәсіптік шығарындыларының негізгі көзі болып танылды. Сутегі

хлоридінің шығуы көмір, мұнай және биомасса сияқты қазба отын түрлерінде кездесетін хлоридтің аз мөлшеріне байланысты. Қазба отынды жағу кезінде аз мөлшерде хлорид шығарылады. Содан кейін осы хлоридтердің кейбіреулері сутегімен біріктіріліп, сутегі хлоридін түзеді. Ылғалды ауада сутегі хлориді тұз сутегі қышқылының аэрозоліне айналады, бұл қышқылдану проблемасын күшейтеді. Бұл химиялық қосылыс атмосфера арқылы қозғалғанда аз концентрацияланған болады.

#### **1.5.2.8. Сутегі фториді (HF)**

Хлорид сияқты, фторид - қазба отын мен биомассада кездесетін табиғи элемент. Түтін газдарын күкіртсіздендірместен энергия алу үшін көмір сияқты отынды пайдалану кезінде фторид шығарылып, түтін газына шығарылады. Содан кейін ол сутегімен біріктіріліп, сутегі фториді түзіледі және қоршаған ауаның жеткілікті ылғалдылығымен ол сутегі фториді қышқылына айналады.

#### **1.5.2.9. Аммиак (NH<sub>3</sub>)**

Аммиактың шығарылуы (NH<sub>3</sub>) қазба отынды жағудың нәтижесі емес, керісінше түтін газдарын денитрификациялау процесінде аммиактың толық емес реакциясы нәтижесінде пайда болады (DeNO<sub>x</sub>). Аммиак реагент ретінде, таза аммиак ретінде немесе селективті каталитикалық қалпына келтіру (СКҚК) және селективті каталитикалық емес қалпына келтіру (СКЕКК) қондырғыларындағы су ерітіндісінде қолданылады. Аммиак түзілу кезінде химиялық реакцияға түседі және жүйеден күл шаңымен бірге шығарылады, сонымен қатар түтін газын күкіртсіздендіру жүйесінің дымқыл скруббері арқылы еритін газ болады. Кейінгі сатыларда тозаң шығару немесе түтін газдарын күкіртсіздендіру жүйесі болмаған кезде (DeNO<sub>x</sub> процестің соңғы сатысында болатын конфигурация), содан кейін «аммиактың өтіп кетуі» түтін газымен бірге атмосфераға шығарылады. СКҚК және СКЕКК қондырғыларындағы аммиактың өтіп кетуі NH<sub>3</sub>-тің NO<sub>x</sub>-қа қатынасы жоғарылаған сайын артады, сонымен бірге СКҚК-де катализатордың белсенділігі төмендейді. Жанама өнімдердегі NH<sub>3</sub> төмен мөлшеріне каталитикалық жүйеге дұрыс қызмет көрсету арқылы қол жеткізуге болады.

#### **1.5.2.10. Ұшпа органикалық қосылыстар (ҰОҚ)**

Өндірістік қызметпен байланысты атмосфераға ұшпа органикалық қосылыстардың шығарылуының бірнеше себептері бар, бірақ отын жағу процесі - ең маңыздыларының бірі болып табылады.

Атмосфераға металл емес ұшпа органикалық қосылыстар (МЕҰОҚ) шығарындыларының деңгейі жалпы республика бойынша 2018 жылы 91,7 мың тоннаны немесе жалпы шығарындылардың 18 %-ын құрады. Отын жағатын



қондырғылар шығарындыларының қатысу үлесі - 0,1 %-дан аз (756 т), негізінен газды жағуға байланысты.

#### **1.5.2.11. Тұрақты органикалық ластағыштар (POP): полициклді хош иісті көмірсутектер( PАН), диоксиндер мен фурандар**

Отынды жағу кезінде ерекшеленуі мүмкін тұрақты органикалық қосылыстардың ішінде полициклді хош иісті көмірсутектер (ПХК), полихлорланған дибензодиоксиндер ( ПХДД) және полихлорланған дибензофурандар (ПХД/Ф) туралы айта кеткен жөн.

ПХДД жеткілікті ұшпа молекулалар емес және жану нәтижесінде пайда болған бөлшектерге адсорбция кезінде олардың қоршаған ортада жылу және химиялық тұрақтылығы жоғары. Оларды тек 1000 кС-тан жоғары температурада жоюға болады. Бұл тұрғыда PCDD/F тек сарқынды газдарда ғана емес, сонымен қатар кез-келген жану процесінің қатты қалдықтарында, мысалы күл, қож және күл шаңында болатындығын атап өткен жөн.

#### **1.5.3. Су объектілеріне төгінділер**

ЖЭС пайдалану барысында төмендегілерге байланысты отын жағатын қондырғылар ауаның ластап қана қоймай, сонымен қатар су ресурстарына да әсер ететін маңызды көз болып табылады:

үлкен көлемде су алуы және нәтижесінде су ортасының табиғи материалдық теңгерімінің өзгеруі;

ластағыш заттардың төгінділерінің көлемі және жер үсті су объектілерінің суындағы ластағыш заттардың құрамының өзгеруі.

Сарқынды сулардың сапасы пайдаланылатын отынның түріне, ластануды бақылау әдістеріне, салқындату техникасына, осыларға байланысты пайдаланылатын судың мөлшеріне, сондай-ақ тазарту және техникалық қызмет көрсету мақсатында қосылған химиялық және биологиялық тазарту реагенттеріне байланысты әр түрлі болуы мүмкін.

#### **Су тұтыну**

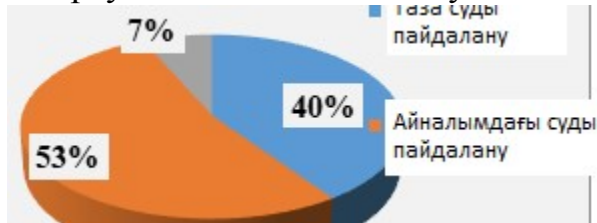
2018-2020 жылдары жылу электр станцияларының су алу (алу) көлемі 1.46-суретте көрсетілген. Ең көп алынған су жер үсті су объектілерінің үлесінде (97 %), жерасты көздерінің үлесінде 2 %, қалған барлық су су құбыры жүйесінен алынады.



1.46-сурет. ЖЭС-тің су алу (құйып алу) көлемі  
Суды пайдалану

Ведомстволық деректері бойынша (су шаруашылығы ТК 2-нысаны) кәсіпорындар суды өндірістік, шаруашылық-ауыз су мұқтаждарына және басқа да мақсаттарға пайдаланады, сондай-ақ алынған суды пайдаланбай да, пайдаланғаннан кейін де (оның ішінде тазарту үшін) басқа кәсіпорындарға береді.

Суды үнемдеу мақсатында ЖЭС-те айналмалы және қайта сумен жабдықтау жүйелері жұмыс істейді. Айналмалы сумен жабдықтау жүйесі - су бірнеше рет сол мақсатта тазартусыз қолданылатын сумен жабдықтау жүйесі.



1.47-сурет. Суды пайдалану құрылымы

Сумен қайта жабдықтау жүйесі - тазартылғаннан кейін ағынды сулар басқа мақсаттарда қолданылатын сумен жабдықтау жүйесі. ЖЭС-тің толық су тұтыну көлемінде суды қайта пайдалану және қайта пайдалану көлемі басым болады.

### Су бұру

Су объектілеріне, қалалық кәріз жүйелеріне, жинақтауыштарға су бұрылады.

Жалпы энергия көздері бойынша су бұрудың жалпы көлемінің 94 %-ы су объектілеріне, 5 %-дан азы жинақтағыштарға, қалғаны қалалық кәрізге жүргізіледі.



1.48-сурет. Су бұру, млнм<sup>3</sup> /жыл

Су объектілеріне, негізінен, тазарту құрылыстары арқылы өткен, жабдықтарды салқындатқаннан кейінгі «шартты таза» сулар келіп құйылады. Энергия көздерінде пайдаланылатын тазарту құрылыстарының негізгі түрі - мұнай өнімдерінен тазарту жүйелері. Олардың тиімділігі шамамен 92÷95 % құрайды.

«Шартты таза» жылытылған сулардың төгілуі су объектілерінің жылумен ластануын және онымен бірге жүретін тізбекті табиғи реакцияларды тудырады: балдырлардың көбеюі, оттегінің жоғалуы, әдетте сулы экожүйелердің батпаққа айналуы және т. б.

Жер үсті су объектілеріне су бұру көлемі 1.15-кестеде келтірілген.

1.15-кесте. Жерүсті су объектілеріне су бұру

Р/с №	Атауы	2018ж	2019ж	2020ж
1	2	3	4	5
1	Бұрылған/төгілген, мың м <sup>3</sup>	4353929	4338699	4273609
2	Бұрусыз нормативтік таза су, мың м <sup>3</sup>	4352477	4337054	4273184
3	дәл осындай, %	99,97 %	99,96 %	99,99 %
4	Нормативтік тазартылған су, мың м <sup>3</sup>	362	366	424
5	дәл осындай, %	0,01 %	0,01 %	0,01 %
6	Ластанған (тазартылмаған) су, мың м <sup>3</sup>	-	1279	-
7	дәл осындай, %		0,03 %	
8	Ластанған (жеткілікті тазартылмаған) су, мың м <sup>3</sup>	1090	--	-
9	дәл осындай, %	0,03 %		

2018-2020 жылдардағы су объектілеріне сарқынды сулармен жылына 1700- ден 4000 мың тоннаға дейін ластағыш заттар ағызылды, олардың құрамында қалқымалы заттар көп (51 %).



1.49-сурет. Су объектілеріне төгінділердің құрамындағы ластағыш заттардың құрылымы

Жану циклінің термиялық ПӘК теориялық жану циклі болып табылатын «Карно» циклының термодинамикалық шегімен шектеледі. Бұл - қазба отынның барлық химиялық байланысқан энергиясы механикалық энергияға, демек электр энергиясына айнала алмайтынын білдіреді. Нәтижесінде жану арқылы қамтамасыз етілетін энергияның едәуір бөлігі конденсатор деңгейінде таралып, қоршаған ортаға жылу түрінде берілуі керек. Көптеген жану қондырғылары салқындатқыш судың көп мөлшерін өзендерден, көлдерден, жерасты суларының резервуарларынан алатын салқындатқыш ретінде пайдаланады.

1.16-кестеде отын жағатын қондырғылардың жұмысы нәтижесінде судың ластануының жалпы өзекті параметрлері берілген. Алайда, әр параметрдің маңыздылығы жеткізілетін судың сапасына, қондырғының белгілі бір конфигурациясына және қолданылатын процестерге байланысты, олар өңделмеген сарқынды сулардағы ластағыш заттардың түрі мен мөлшерін анықтайды.

1.16-кесте. Отын жағатын қондырғылар жұмысының нәтижесінде суды ластайтын заттардың тізімі

Р/с №	Параметр/ластағыш
1	2
1	рН
2	Температура
3	Түсі
4	Қалқыма заттар
5	Оттегінің биологиялық қажеттілігі, ОБҚ
6	Оттегінің химиялық қажеттілігі, ОХҚ
7	Нитраттар
8	Нитриттер
9	Хлоридтер
10	Фторидтер
11	Сульфаттар
12	Фосфаттар

13	Тұзды аммоний
14	Калий+Натрий
15	Кальций
16	Магний
17	Жалпы темір
18	Мыс
19	Мырыш
20	Никель
21	Күшән
22	Мұнай өнімдері
23	СБАЗ

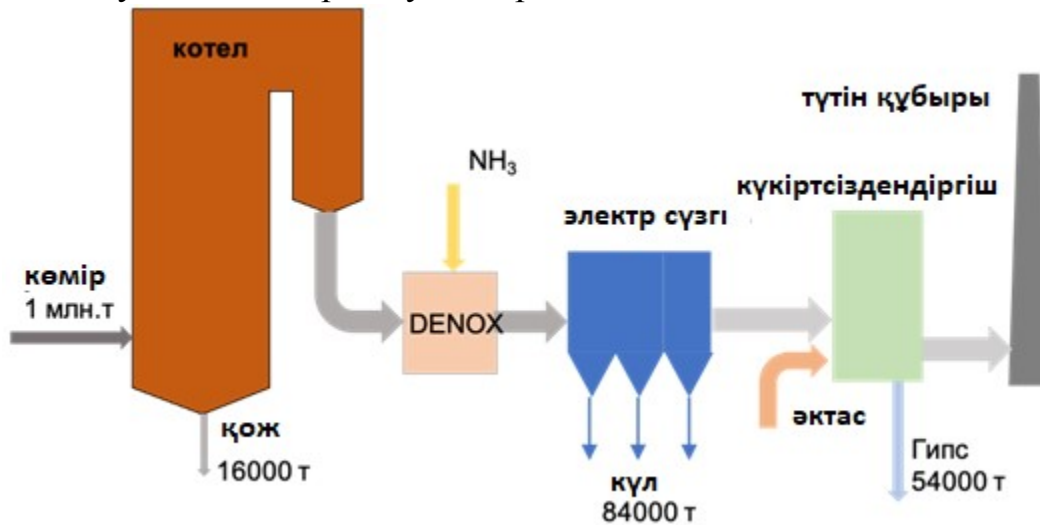
Химиялық, биологиялық және/немесе физикалық сипатына байланысты мұндай қосылыстар су ортасына қатты әсер етуі мүмкін. Бұл заттар су объектісінің суында оның қышқылдығының немесе сілтілігінің жоғарылауы, рН мәнін өзгерту, минералдану немесе оттегінің төмендеуі және өсімдіктерге қоректік заттардың шығарылуына байланысты өсімдіктердің өсуіне әкелуі мүмкін. Мысалы, қожды жуу және күлді тасымалдау суы күлдің құрамына байланысты сілтілі сипатқа ие, ал қазандықты жуу суы қышқыл болып табылады. Ылғал күкіртсіздендіру қондырғысының сарқынды суларында хлоридтер мен сульфаттар сияқты тұздар бар.

#### 1.5.4. Жағылған қалдық өнімдер

Отынды жаққан кезде әртүрлі қалдық өнімдер (қалдықтар және/немесе жанама өнімдер) пайда болады. Негізгі мақсаты осы өнімді өндіру болып табылмайтын өндірістік процестің нәтижесінде пайда болатын заттар, егер оларға нарықта сату үшін тиісті талаптар қанағаттандырылса (мысалы, күл, түтін газдарын күкіртсіздендіруден алынған гипс), қалдықтар ретінде де, жанама өнімдер ретінде де қарастырылуы мүмкін. Олардың шығу тегіне сәйкес отын жағатын қондырғыдан шыққан қалдық өнімді жану процесіне немесе көмір диірмендері немесе тазарту қондырғылары сияқты қондырғы мен оның жабдықтарын пайдалану нәтижесінде өндірілетін өнімдерге тікелей байланысты өнім деп бөлуге болады. Отынды жағуға тікелей байланысты қалдықтар - күл (күл шаңы және күл қалдығы) және түтін газдарын күкіртсіздендіру кезінде пайда болатын қалдықтар (ол болған кезде). Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасының отын жағатын қондырғыларында түтін газдарын күкіртсіздендіретін қондырғылар жоқ. Қазақстан Республикасының энергия көздерінде күл-қож қалдықтарының пайда болуы соңғы 5 жылда жылына 15-20 млн т құрайды. Күл-қож қалдықтарының негізгі мөлшері Солтүстік аймақта - 90÷95 %; қалған мөлшері - Оңтүстік аймақта қалыптасады.

КШҚ-ны ең кең номенклатурадағы құрылыс материалдары мен бұйымдарын: құрамдас цементтерді, толтырғыштарды, қабырға материалдарын, жол құрылысын және т.б. өндіру үшін пайдаланудың айтарлықтай мүмкіндіктеріне қарамастан, Қазақстанда және

әлемде оларды қайта өңдеу бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының елеулі көлеміне қарамастан, Қазақстанда КШҚ-ны қайта өңдеумен іс жүзінде ешкім айналыспайды. Институционалдық реттеу нашар дамыған.



1.50-сурет. Толық жүктемесі 6 000 сағат болған кезде қуаты 450 МВт электр станциясында КҚҚ-ның жыл сайынғы жиналуы (КҚҚ-ның жалпы жиналуы 187000 тонна)

Солтүстік Қазақстанда микросфера күлінің жеңіл фракциялары аздап кәдеге жаратылады.

**Отын жағатын қондырғылардың жұмысы нәтижесінде алынатын негізгі қалдық өнімдер.**

**Күл қалдығы және/немесе қазандық қожы:** күл қалдығы қазандықтың суық құйғышына шөгетін және шоғырландырылмаған күл түрінде қалатын жанбайтын материал болып табылады. Егер жану температурасы күлдің балку температурасынан асып кетсе, онда күл қазандықтың пешінен қазандық қожа түрінде төгілгенге дейін балқытылған күйде қалады.

**Жалғансұйылтылған күл қабаты:** көмір, лигнит, биомасса немесе шымтезек сияқты псевдосұйылтылған қабаты бар қондырғының жұмысы пайдаланылған қабат пен отын күлінің қоспасынан тұратын күлдің жиналуына әкеледі. Күл қалдығы жалғансұйылтылған қабаты бар жану камерасының түбінен алып тасталады.

**Күл шаңы:** күл шаңы қазандықтан түтін газымен бірге келетін жанбайтын материалдың бөлігі болып табылады. Күл шаңы күлтұтқыш жабдықтардан, мысалы, электр сүзгісінен немесе қапшық сүзгісінен, сондай-ақ қазандықтың әртүрлі бөліктерінен, мысалы, экономайзерден және ауа жылытқыштан жиналады. Күлдің ең көп мөлшері көмірді жағу кезінде, аз мөлшерде - шымтезек пен биомассаны жағу кезінде пайда болады, ал газды жағу кезінде күл іс жүзінде пайда болмайды. Сұйық отын қондырғысында пайда болған күлдің мөлшері көмірді жағудың күлімен салыстырғанда әлдеқайда төмен.

**Түтін газын күкіртсіздендірудің қалдық өнімдері:** көмір мен мұнай өнімдерінде әртүрлі мөлшерде күкірт бар. Атмосфераға күкірт қостотығының жоғары шығарылуын болғызбау үшін ірі ЖЭС (атап айтқанда, Еуропада қуаты 100 МВт асатын қондырғылар) әдетте түтін газын күкіртсіздендіру жүйелерімен (ТГД) жабдықталады. Қазіргі уақытта қолданылатын күкіртсіздендірудің әртүрлі әдістері бірқатар қалдықтардың пайда болуына әкеледі. Мысалы, ылғалды әктеуге арналған скрубберлер жанама өнім ретінде гипс түзеді, ал құрғақ скруббер жүйелері реакцияланбаған сорбенттің (мысалы, әк, әктас, натрий карбонаттары, кальций карбонаттары), күкірт тұздарының және күл шаңының қалдық түрінде қоспасын құрайды.

Түтін газын күкіртсіздендіру күлі мен қалдықтары полигонға қалдық ретінде көмілуі мүмкін немесе цемент пен бетон өндірісі сияқты әртүрлі мақсаттарда жанама өнімдер ретінде; бетон мен асфальттағы толтырғыш ретінде, қалдықтарды қалпына келтіру немесе тұрақтандыру үшін; және көптеген басқа өнімдерде ингредиент ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Ылғал күкіртсіздендіру қондырғысының жанама өнімі болып табылатын гипс цемент және гипс өнеркәсібінде кеңінен қолданылады, мысалы, гипсокартон өндірісі үшін және гипске сұраныс нарығына айтарлықтай үлес қосады.

Жану процесіне тікелей байланысты және үлкен көлемде өндірілетін қалдықтардан басқа, қондырғылар мен жабдықтарды пайдалану нәтижесінде басқа қалдық өнімдер аз мөлшерде түзіледі. Мұндай қалдықтардың типтік мысалдары:

**Қазанды тазалаудың қалдық өнімдері:** ауа жылытқышты, экономайзерді, бу қыздырғышты, түтін құбырын, конденсаторды және қосалқы жабдықты қоса алғанда, қазанның газ және су жағына қызмет көрсету кезінде пайда болатын қалдықтар. Газ жағында күйе мен күл шаңы сияқты жану қалдықтары жабдықтың бетіне жиналып, мезгіл-мезгіл алынып тасталуы керек. Су жағында қазандықта қақтан және коррозиядан жасалған өнімдер жиналады, оларды мезгіл-мезгіл қышқыл немесе сілтілі ерітінділермен алып тастау керек.

**Қатты отынды ұнтақтау қалдықтары:** көмір және лигнит сияқты қатты отын әдетте қазандыққа құйылмас бұрын ұсақталады. Көмірді ұнтақтау кезінде кез-келген үлкен сынықтар мен пириттерді (темір негізіндегі минерал) отын ағынынан бөліп алу керек. Бұл қатты қалдық күл қалдықтарымен бірге шығуы мүмкін.

**Толықтырушы суды өндегеннен кейінгі тұнба:** бу циклі үшін қоректік суды өңдеу нәтижесінде пайда болатын қалдықтар. Қазандықтың қоректік суын өңдеу тұндыру, флокуляция, жұмсарту, сүзу және осмос сияқты әртүрлі процестерді қамтуы мүмкін. Бұл өңдеу әдістері өндеуден кейін шөгінділердің пайда болуына әкеледі.

**Пайдаланылған ион алмастырғыш шайырлар:** ион алмастырғыш шайырлар қазандықтың қоректік суын өңдеу үшін қолданылады.

**Пайдаланылған СКҚ процестерінің катализаторлары:** атмосфераға азот оксидтерінің шығарылуын азайту үшін SCR катализаторлары қолданылады.

Дезактивацияланатынына байланысты бұл катализаторларды (бірнеше жыл пайдаланған соң) жүйелі түрде ауыстырып отыру керек. Бүгінгі таңда мұндай каталитикалық материалдарды қалпына келтірудің әртүрлі процестері бар. Пайдаланылған каталитикалық элементтер, әдетте, оларды қайта пайдалануға дайындау үшін катализатор өндірушісіне жіберіледі.

**Сарқынды суларды тазартудан кейінгі тұнба:** отын жағатын қондырғылардан шыққан әртүрлі сарқынды суларды тазартқаннан кейін пайда болатын тұнба.

**Зертхана қалдықтары:** зертханада өндірілетін қалдықтардың шағын көлемі, мысалы, отын үлгілеріне, таза суға, жанама және қалдық өнімдерге талдау жүргізу кезінде және т. б.

**Басқа қалдықтар:** басқа қалдықтарға техникалық қызмет көрсету кезінде қондырғы жабдығын, пайдаланылған майды және құрамында майы бар жабдықты, құрамында мұнай өнімдері бар жабдықты және отынды өңдеуден қалған қалдықтарды (мысалы, көмірді жуу) тазартқаннан кейін пайда болатын қалдықтар кіреді.

Жану процесінде (мысалы, күл), сондай-ақ күкіртсіздендіру процесінде (мысалы, гипс) және отын жағу қондырғысы жұмысының кез келген басқа қалдықтарында пайда болатын жоғарыда аталған қалдықтардың көпшілігі әлеуетті экологиялық қауіп төндіруі мүмкін. Мысалы, көмір қазандығының күлінде кремний, алюминий, темір, кальций, магний, калий, натрий және титан сияқты элементтер, сонымен қатар сурьма, мышьяк, барий, кадмий, хром, қорғасын, сынап, селен, стронций, мырыш және басқалары бар.

Қазақстан Республикасының қолданыстағы заңнамасында жоғарыда аталған отын жағатын қондырғылардың көптеген қалдықтары қалдықтар болып саналады. Алайда, көптеген онжылдықтар ішінде өнеркәсіп полигонға жіберілген қалдықтардың нақты мөлшерін азайту үшін қалдықтардың пайда болуын және/немесе оларды цемент және құрылыс индустриясы сияқты әртүрлі салаларда қайта пайдалануды азайту жолдарын жасауға көп күш жұмсады. Бұл қоршаған орта үшін пайдалы, өйткені қалдықтарды шикізат ретінде пайдалану табиғи ресурстарды үнемдеуге және көмілетін қалдықтардың жалпы мөлшерін азайтуға көмектеседі. Мысалы, көмір күлін пайдалану кальцийленетін әктас мөлшерінің азаюына байланысты цемент өндірісінде бөлінетін  $\text{CO}_2$  жалпы мөлшерін азайтады.

Көмірді жағу кезінде пайда болған күл қалдықтары мен күл шаңына келетін болсақ, олар көмірмен байланысты әртүрлі топырақ элементтерінен тұрады. Олардың ең ерекше сипаттамаларының бірі - осы материалдың көп бөлігі ұнтақ немесе күйген күйде, көптеген элементтер әйнек күйінде болады және бұл негізінен олардың заңды жіктелуін анықтайды.

Сондай-ақ, күкіртсіздендіру қондырғысының гипсі сияқты кейбір жанама өнімдер гипс нарығында айтарлықтай коммерциялық үлеске ие болады және гипсокартон өндірісі



үшін маңызды шикізат ретінде пайдаланылатыны белгілі. Осы саланың қолданып отырған іс-қимылдары ластанудың өзара әсерін және қоршаған ортаға зиян келтіру қаупін азайтуға, сондай-ақ табиғи гипс өндіру қажеттілігін азайтуға көмектеседі.

### 1.5.5. Шу және діріл

Шу мен діріл - отын жағатын қондырғылардың жұмысынан туындайтын жалпы проблемалар

Қоршаған ортаға қондырғы шығаратын өндірістік шу медициналық, әлеуметтік және экономикалық аспектілері бар теріс әсер етуші фактор болып табылады.

Медициналық аспектілер жабдықтың шу деңгейінің жоғарылауы жүйке және жүрек-тамыр жүйесіне әсер етеді, тітіркенуді, ұйқының бұзылуын, шаршауды, агрессивтілікті тудырады.

Әлеуметтік аспектілер объектілерден шығатын шудың халық көп қоныстанған үлкен қалаларда адамдарға әсер етуіне байланысты (кейбір деректер бойынша халықтың 60 %).

Экономикалық аспектілер шудың еңбек өнімділігіне әсер ететініне және шу әсерінен болатын аурулардың көбеюі айтарлықтай әлеуметтік төлемдерді қажет ететініне байланысты.

ЖЭС жұмысы кезіндегі шу көздері:

көмір тасымалдау жүйелері және көмір ұнтақтау жабдығы;

түтін құбырларының сағасынан, үрлеу желдеткіштерінің ауа жинағышынан, тарту үрлеу жабдығының корпустарынан, газ-ауа трактілерінен, компрессорлық, трансформаторлардан, ЖЭС, градирня, ГТП ғимараттарынан, газ құбырларынан шығарылатын шу;

турбиналардан, әсіресе газ қазандықтарынан, редуциялық-салқындату қондырғыларынан, сорғылардан, деаэраторлардан, бу құбырларынан, синхронды компенсаторлардан, сору-сыртқа тарату желдеткішінен шыққан шу.

Шудың ең күшті көзі - буды атмосфераға шығару.

Биік көздерден шыққан шу табиғи және жасанды кедергілермен азаяды. Энергетикалық газ-ауа өткізгіштерінен шыққан шудың шу спектрінде тоналды компоненттері болады және биіктіктегі түтін құбырларының қималарынан шығарылады.

Энергетикалық жабдық есептік режимде жұмыс істеп тұрған кезде тұрақты кең жолақты және тұрақсыз, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 және 8000 Гц орташа геометриялық жиіліктегі октавалық жолақта үздіксіз спектрі бар уақыт аралығында ауытқитын шу шығарады.

Атмосфераға будың шығарылуымен байланысты авариялық жағдайларда немесе АТҚ ауыстырып-қосқыштары іске қосылған кезде тұрақты емес үзік-үзік шу туындайды.

Тесіктің пайда болуына байланысты төтенше жағдайларда тональды шу пайда болады. Механикалық шеберханалардың жабдықтары импульсті және үзіліссіз шуды шығарады.

Шу мен дірілді бірнеше жолмен өлшеуге болады, бірақ көбінесе белгілі бір әдіс қолданылады, онда өлшеу тікелей орнында жасалады және дыбыс жиілігі мен тұрғын аудандардың (әлеуметтік нысандардың) орналасқан жері ескеріледі.

Отын жағатын қондырғы шығаратын шудың әсері қондырғының айналасындағы салыстырмалы түрде аз аймақпен шектеледі. Тиісінше, ең жиі кездесетін мәселе, әсіресе түнде, қондырғыға жақын жерде тұратын адамдар үшін кедергі болуы мүмкін. Осы себепті республикада түнгі уақытта күндізгі уақытқа қарағанда анағұрлым қатаң шу шектеулері қойылады.

1-қосымшада ЖЭС жабдығынан болатын шудың болжамды деңгейлері келтірілген.

#### **1.5.6. Радиоактивті заттардың шығарындылары**

Күлдегі радионуклидтердің концентрациясы көмір радионуклидтерінің, көмір күлінің концентрациясымен анықталады.

Қазақстанда ең көп таралған Екібастұз көмірінің радиоактивтілігі төмен.

Екібастұз көмірін жағу кезінде пайда болатын күлдің радиоактивтілігін зерттегенде 63 Бк/кг-нан 1 125 Бк/кг-ға дейін ауытқу байқалды.

Алынған деректерге сәйкес радионуклидтік құрам бойынша қалдықтар «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрінің 2015 жылғы 27 ақпандағы № 155 бұйрығымен белгіленген деңгейлерден аспайды. Бұл материалды құрылыстың кез-келген түріне қолдануға және экономикалық қызметте шектеусіз пайдалануға болады.

#### **1.6. Қоршаған ортаға әсерді төмендету**

Алдыңғы бөлімдерде, отын жағатын қондырғыдан қоршаған ортаға ықтимал әсер етудің қарқыны мен ауқымы баяндалады.

Осы құжаттың келесі тарауларында қоршаған ортаға ықтимал әсерді азайту үшін қолжетімді әдістер көрсетілген.

Осы отын жағатын қондырғыдағы нақты әсер ету, осы отын жағатын қондырғыны жобалау, пайдалану және пайдаланудан шығару кезінде қолданылатын әсерді азайту шараларының жалпы пакетіне байланысты болады.

#### **1.7. Ірі отын жағатын қондырғылар секторы үшін нақты қондырғылар бойынша деректер жинау**

Ірі жағу қондырғыларының экологиялық сипаттамалары туралы ақпарат пен деректер КТА жүргізу шеңберінде 2015-2019 жж. кезеңінде жиналды. Басқа әдістердің ішінде нақты қондырғыларға арналған сауалнамалар да қолданылды. Сауалнамалардың мақсаты кәсіпорын деңгейінде ақпарат алу және экологиялық сипаттамалары, қолданыстағы отын жағатын қондырғылар туралы мәліметтер алу болды.

Кәсіпорындардың есептік деректерінің, Статистика агенттігінің статистикалық деректерінің жиналған деректері мен ақпараты ЕҚТА құрастыру кезінде кеңінен пайдаланылды.

## **1.8. Жалпы қоршаған ортаны қорғаудың кешенді тәсіліне кіріспе**

Қоршаған ортаны қорғауға кешенді көзқарас жалпы үш аспектіде қарастырылады: қарастырылып отырған отын жағатын қондырғының процестеріне тән сипаттамалар арқылы әртүрлі ластағыш заттар үшін шығарындыларды азайту әдістерінің өзара әсері; басқа экологиялық аспектілерге және энергия мен шығыс материалдарын пайдалануға, сондай-ақ экономикаға қатысты ластағыш заттар шығарындыларын азайтудың осы әдісінің тиімділігіне тәуелділік;

экологиялық пайда (ластағыш заттардың әртүрлі шығарындыларын азайту), өзара әсер ету әсері мен экономика арасындағы теңгерімді іздеу қажеттілігі.

Отын жағатын қондырғы шығаратын ластануға өзара әсер етудің мысалы  $\text{NO}_x$  деңгейі төмен оттықтан шығатын  $\text{NO}_x$  шығарындылары, жанбаған көміртек,  $\text{CO}$  және көмірсутегі арасындағы өзара тәуелділік болып табылады. Бір сәтте  $\text{NO}_x$  түзілуін азайту әрекеттері жанбаған отын фракциясының тез көбеюіне әкеледі. Бұл әдістен жану тиімділігі төмендеп қана қоймай, сонымен қатар жаңа ластағыш заттар,  $\text{CO}$  және жанбаған көмірсутегі түзіледі.

$\text{NO}_x$  және  $\text{N}_2\text{O}$  түзілуінің псевдосұйылтылған қабаттың жану температурасына тәуелділігі тағы бір мысал болып табылады.  $\text{NO}_x$  түзілуін АҚҚ қазандық қабатының температурасын төмендету арқылы азайтуға болады, бірақ бір сәтте  $\text{N}_2\text{O}$  түзілу жылдамдығы арта бастайды. Жану температурасы арасында ең үздік теңгерімге қол жеткізуге болатын компромисті таба білу қажет. Азот оксидтерінен басқа, әк қоспасын қолдана отырып, АҚҚ қазандығының қабатындағы күкіртті тұтып қалу қабаттың температурасына да байланысты.

Тағы бір мысал -  $\text{NO}_x$  каталитикалық қалпына келтіру.  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайтудың тиімді құралы болғанына қарамастан, қоршаған ортаға аз мөлшерде аммиак шығарылады (аммиак ағыны). Сонымен қатар, аммиакты тасымалдау, орнын ауыстыру және сақтау операциялары экологиялық қауіп тудырады. Аммиактың сулы ерітіндісі жиі қолданылатын кішігірім қондырғыларда қауіп аз, бірақ таза аммиак қолданылатын үлкен қондырғыларда апаттың салдары ауыр болуы мүмкін.

Осы техниканы қолданудың экономикалық шығындарымен, сондай-ақ энергияны тұтыну мен шығын материалдарына қойылатын талаптармен және кез-келген пайда болған қалдықтарды өңдеу қажеттілігімен салыстырғанда ластануға қарсы күрес технологиясының тиімділігін ескере отырып, көптеген әдістер үшін қарапайым ереже - жақсы нәтижелерге айтарлықтай шығындар салу арқылы қол жеткізуге болады. АҚҚ қазандықтарындағы күкіртті азайтуды мысалға келтіруге болады. Күкіртті АҚҚ қабатына әктас қосу арқылы алу дәрежесі жақсарады, өйткені әктастың көп мөлшері қолданылады. Осылайша, күкірт мөлшерінің едәуір төмендеуі бір уақытта қолданылатын әктас көлемінің ұлғаюын талап етеді. Бұл өз кезегінде кәдеге жарату қажет болатын күлді көп мөлшерде шығарады. Әктасты пайдалану да, күлдің көбеюі де қоршаған ортаға жағымсыз әсер етеді, бұл АҚҚ қазандығындағы күкіртті тұтып қалудың жанама әсерлері болып табылады. Күлдің құрамында жоғары мөлшерде кальций болуы, оны пайдалануға жарамсыз етуі мүмкін. Кальцийді тұтынуға байланысты жағдай түгін газдарының жартылай құрғақ күкіртсізденуіне ұқсас.

Ылғал күкіртсіздендіру әдісін қолданған кезде артық кальций қажет емес. Сонымен қатар, егер қажетті соңғы өнім коммерциялық сапалы гипс болса, оны пайдалану мүмкін емес. Алайда, азайтудың жоғары тиімділігіне қол жеткізу үшін ең ірі реакторы, сондай-ақ оларға электр энергиясы көбірек жұмсалатын қуаттылау айналым сорғылары қажет болады. Бұл ретте, ауаға шығарылатын жану өнімдерінің көлемі артады.

Түйіршіктерді электр сүзгі, сол сияқты қапшық сүзгі ретінде алып тастау тиімділігі көлемінің ұлғаюына байланысты шектеусіз болуы және осыған сай жабдықтың құны шектеусіз болуы мүмкін.  $\text{NO}_x$  селективті каталитикалық қалпына келтіруге байланысты жағдайлар ұқсас: каталитикалық элементтерді қосу арқылы қалпына келтіруге қол жеткізуге және аммиактың өтіп кетуін азайтуға болады.

Ірі жағу қондырғыларының экологиялық сипаттамалары туралы ақпарат пен деректер КТА жүргізу шеңберінде 2015-2019 жж. кезеңінде жиналды. Басқа әдістердің ішінде нақты қондырғыларға арналған сауалнамалар да қолданылды. Сауалнамалардың мақсаты кәсіпорын деңгейінде ақпарат алу және қолданыстағы жанармай жағатын қондырғылардың экологиялық сипаттамалары туралы мәліметтер алу болды.

Жиналған деректер мен кәсіпорындардың есептік деректерінің, Статистика жөніндегі агенттіктің статистикалық деректерінің ақпараты ЕҚТА жасау кезінде кеңінен пайдаланылды.

## **2. Ең үздік қолжетімді техникаларды анықтау әдіснамасы**

### **2.1. Детерминация, іріктеу қағидаттары**

Техникаларды ең үздік қолжетімді техник ретінде анықтау Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексінің талаптарына сәйкес қағидаттар мен өлшемшарттарға негізделеді.

Техниканы ең үздік қолжетімді ретінде айқындау әдіснамасы кәсіпорынның және қоршаған ортаны қорғау саласындағы мемлекеттік уәкілетті органдардың мақсаттарының орындалуын қамтамасыз ететін ең үздік қолжетімді техника-кандидат ретінде қабылданған балама техникаларды іріктеуге және салыстыруға негізделеді. Кандидат-техниканы айқындау кешенді технологиялық аудит нәтижелеріне және Қазақстан Республикасының Климаттық, экономикалық, экологиялық жағдайлары мен отын базасына негізделген бейімделу қажеттілігін ескере отырып, қолдану саласындағы ең үздік қолжетімді техникалардың техникалық және экономикалық қолжетімділігіне негіз болатын халықаралық тәжірибені талдауға негізделеді.

Ең үздік қолжетімді техникаларды іріктеу қағидаттары техникалық жұмыс топтары мен мүдделі тараптардың ең үздік қолжетімді техникаларды айқындау өлшемшарттарын есепке алу және талдау бойынша іс-қимылдарының реттілігін сақтауға негізделеді:

- 1) эмиссиялардың маркерлік ластағыш заттарын ескере отырып, сала үшін негізгі экологиялық проблемаларды айқындау;
- 2) саланың экологиялық проблемаларын шешуге бағытталған кандидат-техниканы айқындау және түгендеу;
- 3) осы ЕҚТ бойынша анықтамалықтың 2.2-тармағында келтірілген өлшемшарттарға сәйкес және ең үздік қолжетімді техникалардың өлшемшарттарын қанағаттандыратын техникалардың тізбесін анықтай отырып, экологиялық тиімділік деңгейіне қол жеткізілген кезде шарттарды белгілеу негізінде кандидат-техникаларды бағалау, талдау және салыстыру;
- 4) ең үздік қолжетімді техника қамтамасыз ететін ең үздік экологиялық нәтижелілік деңгейлерін айқындау (ЕҚТ-мен байланысты эмиссиялар деңгейлерін қоса алғанда).

Саланың экологиялық проблемаларын шешуге бағытталған кандидат-техниканы айқындау және түгендеу кезінде Қазақстан Республикасында және әлемдік қоғамдастықта бар кандидат-техниканың тізбесі қалдырылады. Бұдан әрі тізім Қазақстан Республикасының жағдайында қолданыстағы және/немесе жаңа қондырғыда қолдану мүмкіндігі бойынша сараланады және оларды қолдану мүмкіндігі немесе мүмкін еместігі туралы дәлелді дәлелдер көрсетіледі.

Ең үздік қолжетімді кандидат-техникаларды бағалау, талдау және салыстыру кезінде іс-қимылдардың мынадай бірізділігі сақталады:

- 1) белгіленген техникалар үшін қоршаған ортаның әртүрлі компоненттеріне әсер ету деңгейіне және әртүрлі ресурстар мен материалдарды тұтыну деңгейіне бағалау жүргізіледі;

2) қажетті ақпарат болған кезде техникаларды енгізуге және жабдықтарды ұстауға жұмсалатын шығындарды, техникаларды енгізгеннен кейінгі ықтимал жеңілдіктер мен артықшылықтарды, енгізу кезеңін бағалау;

3) бағалау нәтижелері бойынша негізгі технологиялық процестің белгіленген техникаларынан мынадай техникалар таңдалады:

қоршаған орта компоненттеріне әсер етуді болғызбауды немесе төмендетуді қамтамасыз ететін;

оларды енгізу басқа ластағыш заттардың шығарындылары көлемінің, ластанған сарқынды сулардың төгінділерінің, залалсыздандыру, ресурстарды тұтыну қалдықтарының пайда болуының, қоршаған ортаға теріс әсердің өзге де түрлерінің едәуір ұлғаюына және халықтың денсаулығы үшін қолайлы немесе рұқсат етілген деңгейден жоғары тәуекелдің ұлғаюына әкеп соқпайды;

енгізілуі шамадан тыс материалдық-қаржылық шығындарға алып келмейді (енгізу кезіндегі ықтимал жеңілдіктер мен артықшылықтарды ескере отырып);

енгізу мерзімдері қолайлы.

## **2.2. Техникаларды ең үздік қолжетімді техникаға жатқызу өлшемшарттары**

Қазақстан Республикасы Экологиялық кодексінің 113-бабы 3-тармағына сәйкес ең үздік қолжетімді техникаларды айқындау өлшемшарттары:

1) аз қалдықты технологияны пайдалану;

2) аз қауіпті заттарды пайдалану;

3) технологиялық процесте түзілетін және пайдаланылатын заттарды, сондай-ақ қалдықтарды қалпына келтіруге және қайта өңдеуге ықпал ету;

4) өнеркәсіптік деңгейде сәтті сыналған процестердің, құрылғылардың және операциялық әдістердің салыстырмалылығы;

5) технологиялық жетістіктер және ғылыми білімдегі өзгерістер;

6) қоршаған ортаға тиісті эмиссиялардың табиғаты, әсері және көлемі;

7) жаңа және жұмыс істеп тұрған объектілер үшін пайдалануға беру күні;

8) ең жақсы қолжетімді техниканы енгізу үшін қажетті мерзімдердің ұзақтығы;

9) процестерде пайдаланылатын шикізат пен ресурстардың (суды қоса алғанда) тұтыну деңгейі мен қасиеттері және энергия тиімділігі;

10) эмиссиялардың қоршаған ортаға теріс әсерінің және қоршаған орта үшін тәуекелдердің жалпы деңгейін болғызбау немесе ең төменгі деңгейге дейін қысқарту қажеттілігі;

11) аварияларды болғызбау қажеттілігі және қоршаған орта үшін жағымсыз салдарлардың ең төмен деңгейіне дейін мәлімет беру;

12) халықаралық ұйымдар жариялаған ақпарат;

13) Қазақстан Республикасындағы немесе одан тыс жерлердегі екі және одан да көп объектілерде өнеркәсіптік енгізу.

Сондай-ақ ЕҚТ ретінде техниканы айқындау кезінде Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі қағидаттарының сақталуын қамтамасыз ету-бұл ең жақсы қол жетімді кандидат болып табылатын әрбір техника үшін келесі шарттарды сақтау арқылы көрсетілген өлшемшарттарды біріктіру шарты:

- 1) қоршаған ортаға теріс әсердің ең төменгі деңгейі;
- 2) оны енгізу мен пайдаланудың экономикалық тиімділігі;
- 3) ресурс-және энергия үнемдеу әдістерін қолдану;
- 4) техниканы енгізу кезеңі;
- 5) қоршаған ортаға теріс әсер ететін екі және одан да көп объектілерде техниканы өнеркәсіптік енгізуге жол берілмейді.

#### **Қоршаған ортаға теріс әсердің ең төменгі деңгейі.**

Кандидат техникаға қоршаған ортаға теріс әсердің ең төменгі деңгейін қамтамасыз ету шарттары белгіленген кезде екі көрсеткіш қаралады:

- 1) технологиялық процестерде пайдаланылатын және (немесе) түзілетін заттардың атмосфера, топырақ, су жүйелері, адам, басқа да тірі организмдер және тұтастай экожүйелер үшін қауіптілігі;
- 2) шығарындылар мен төгінділер құрамындағы теріс әсердің сипаты және зиянды заттар эмиссияларының мәні.

Технологиялық процестерде пайдаланылатын және (немесе) түзілетін заттардың қауіптілігін айқындау кезінде шығарындылар мен төгінділер құрамындағы зиянды заттар эмиссияларына, олардың көлеміне (салмағына), сондай-ақ қалдықтардың көлемі мен қауіптілік деңгейіне түгендеу жүргізіледі. Технологиялық процестер барысында пайдаланылатын және (немесе) түзілетін зиянды заттардың қауіптілігін бағалау кезінде атмосфераға бөлінетін, су объектілеріне, аралық өнімдерге және қатты қалдықтарға түсетін маркерлік ластағыш заттар белгіленеді.

Маркерлік заттарды таңдау келесі сипаттамаларды анықтауға негізделген:

- зат қарастырылып отырған технологиялық процеске тән;
- зат шығарылымдардың құрамында тұрақты және маңызды концентрацияларда болады;
- зат қоршаған ортаға айтарлықтай әсер етеді;
- затты анықтау әдісі қолжетімді, көбейтілетін және өлшем бірлігін қамтамасыз ету талаптарына сәйкес келеді;
- маркерлік заттарды анықтау үшін сандық өлшемшарт ластағыш заттар шығарындыларының жалпы көлеміндегі олардың ең үлкен жиынтық үлесі болып табылады.

#### **Техниканы енгізу мен пайдаланудың экономикалық тиімділігі**

Экономикалық тиімділікті қамтамасыз ету шарттарын белгілеу кезінде техниканы енгізу мен пайдалануға арналған шығындарды бағалау және шығындар мен пайданы талдау әдісін қолдану арқылы оны енгізуден түсетін пайданы бағалау жүргізіледі. Егер әртүрлі әдістерді енгізу оң нәтиже берсе, онда ең жоғары тиімділігі бар техника «баға/

сапа» арақатынасын беретін және сәйкесінше қарастырылған әдістер арасында ең үздік экономикалық көрсеткіштерді көрсететін әдіс болып саналады. Бұл талдау әдісі деректерді неғұрлым кең қамтуды талап етеді, мұнда пайда/шығындар туралы деректерді ақшалай түрде ұсыну қиын.

Технологияны енгізгенге дейін және одан кейінгі ақша ағындарының айырмашылығынан туындайтын қосымша ақша ағынына талдау жүргізу көптеген кәсіпорындарға жақсы таныс экономикалық талдау жүргізуге мүмкіндік береді.

Шығындар мен пайдаларды талдау әдісінің баламасы ретінде белгілі бір экологиялық мақсатқа қол жеткізу үшін ең қолайлы шараларды анықтау үшін пайдаланылатын шығындардың тиімділігін талдау қолданылады. ЕҚТ кандидат техникаларын экономикалық тиімділігінің өсуіне қарай саралау алынған экономикалық пайдамен салыстырғанда негізсіз және ақталмаған қымбат нұсқаларды болғызбауға мүмкіндік береді.

Техниканың экономикалық тиімділігі мына формулаға сәйкес анықталады:

Экономикалық тиімділік = жылдық шығындар, теңге/эмиссияларды қысқарту, т/жыл.

Шығындарды есептеу әдістемесі енгізу мен пайдаланудың экономикалық тиімділігін ескере отырып, құрылысқа, қондырғыға, технологияға немесе процеске арналған күрделі шығындар мен пайдалану шығындары туралы деректерді жинауға және талдауға мүмкіндік беретін алгоритмді белгілейді.

Бағалаудың негізгі кезеңдері 2.1-суретте көрсетілген.



<p>1-кезең</p> <p>ЕҚТ қолданылу саласын нақтылау және бағалау</p>
<p>2-кезең</p> <p>Техникаларды енгізуге арналған шығындардың деректерін жинау және негіздеу</p>
<p>3-кезең</p> <p>Техниканы енгізу шығындарының құрамын анықтау:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- күрделі шығындар;</li> <li>- ағымдағы өндірістік шығындар;</li> <li>- техникалық қызмет көрсету шығындары;</li> <li>- кірістер мен шығындарды үнемдеу</li> </ul>
<p>4-кезең</p> <p>Нәтижесінде шығындар туралы ақпаратты өңдеу және ұсыну:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- биржалық бағамдардың өзгеруі;</li> <li>- инфляция;</li> <li>- базалық жылда белгіленген бағалар;</li> <li>- дисконттау және жылдық пайыздық мөлшерлеме;</li> <li>- жыл сайынғы шығындарды есептеу</li> </ul>
<p>5-кезең</p> <p>Экономикалық талдау жүргізу</p>

### 2.1-сурет. ЕҚТ таңдау процесінің блок-схемасы

ЕҚТ енгізудің экономикалық талдауын орындау барысында:

- 1) салыстырмалы техникаларды өнеркәсіптік ауқымда алдыңғы табысты пайдалану тәжірибесі;
- 2) осы техниканы өндіріске енгізуге және пайдалануға байланысты белгілі вариялар туралы ақпарат;
- 3) техникаларды енгізу климатының географиялық факторлары (энергия көздеріне қатысты орналасуы, оның қолжетімділігі, логистикалық тізбектер), сондай-ақ өңірлік физикалық-географиялық және геологиялық жағдайларға және ерекше қорғалатын табиғи аумақтардың, мәдениет ескерткіштері мен рекреация объектілерінің болуына байланысты технологиялық шектеулер.

Кандидат техникаға бағалау жүргізу үшін күрделі шығындарды (құрылыстар салуға, жабдықтарды сатып алуға және монтаждауға) және пайдаланушылық шығындарды бөле отырып, шығындардың құрылымы айқындалады. Пайдалану шығындарында

техникалық қызмет көрсету және жөндеу шығындары, энергия көздері, материалдар мен қызметтер, еңбек шығындары бөлінеді.

Шығындар туралы ақпаратты жинау нәтижелері бойынша қарастырылып отырған балама нұсқаларды одан әрі объективті салыстыруды қамтамасыз ету үшін өндеу жүргізіледі.

### **Техниканы енгізу кезеңі**

Техниканы енгізу уақытын бағалау үшін қоршаған ортаны қорғауды қамтамасыз етуге жататын шығындармен салыстырғанда белгілі бір техниканың өтелу кезеңі пайдаланылады. Техниканы енгізу жылдамдығын бағалау жүргізіледі. Бұл жағдайда келесі уақыт шкалаларының әдістерін енгізу жылдамдығын бөлек қарастыру ұсынылады:

қысқа мерзімді (бірнеше аптадан бірнеше айға дейін);

орта мерзімді (бірнеше айдан бір жылға дейін);

ұзақ мерзімді (әдетте бірнеше жыл).

Жаңғырту уақытын таңдау қолданыстағы жабдықты жоспарлы ауыстыруға негізделеді. ЕҚТ енгізу жылдамдығын (кезеңін) бағалай отырып, модернизацияның шекті шығындарын талдау ұсынылады. Елеулі инвестициялық күрделі шығындарды немесе өндірістік процестер мен инфрақұрылымның едәуір модификацияларын талап ететін ЕҚТ үшін ұзақтау енгізу кезеңін қарастырған жөн.

### **Ресурс және энергия үнемдеу әдістерін қолдану**

Ресурс және энергия үнемдеу әдістерін қолдануды талдау кезінде энергия және ресурс үнемдеу саласындағы қолданыстағы нормативтік-құқықтық құжаттардың талаптары мен ережелері ескеріледі. Талдаудың мақсаты энергия мен ресурстарды үнемдеудің ең үздік көрсеткіштерімен сипатталатын (қарастырылатындар арасында) техникаларды анықтау болып табылады.

Төмендегілерді назарға ала отырып, негізгі ресурстарды тұтыну бойынша техникаларға салыстырмалы талдау жүргізіледі:

1) энергияны тұтыну:

әртүрлі (негізгі, қосалқы және қызмет көрсететін) технологиялық процестер үшін энергия тұтынудың жалпы деңгейі (оны төмендетудің негізгі мүмкіндіктерін бағалай отырып);

2) суды тұтыну:

су пайдаланылатын технологиялық процестер;

технологиялық процестер үшін де тұтынудың жалпы көлемі (оны төмендету немесе қайта пайдалану мүмкіндіктерін бағалай отырып);

судың мақсаты (жуу сұйықтығы, хладагент және т. б.);

суды қайта пайдалану жүйелерінің болуы;

3) шикізат пен қосалқы материалдарды (реагенттерді және т. б.) қайта пайдалану мүмкіндіктерін бағалай отырып, оларды тұтыну көлемі.

Салыстырмалы талдаудан кейін технологиялық процесте қолданылатын заттарды регенерациялау және рециклинг және энергияны рекуперациялау мүмкіндігі анықталады.

Қарастырылып отырған техниканы салыстырмалы бағалау үшін қолданылатын энергия тиімділігі мен ресурстарды үнемдеудің негізгі көрсеткіштері ретінде (жабдықты пайдаланудың реттелетін жағдайларында) мынадай көрсеткіштер қолданылады: электр энергиясының, жылудың, отынның, судың, әртүрлі материалдардың үлестік шығындары, яғни белгілі бір ресурстың (электр энергиясы, жылу, су, реагент және т. б.) нақты шығындары. д.) өнімнің немесе көрсетілетін қызметтің бірлігіне, мысалы, электр энергиясы үшін өнімнің немесе көрсетілетін қызметтің 1 көлеміне кВт-сағ, жылу энергиясы үшін - Гкал/өнімнің немесе көрсетілетін қызметтің көлемі, су үшін - м<sup>3</sup>/өнімнің немесе көрсетілетін қызметтің көлемі және т.б.

Ресурс үнемдеу (яғни энергия мен материалдарды үнемдеу) отын-энергетикалық және басқа да материалдық ресурстарды тиімді (ұтымды) пайдалануға және үнемді жұмсауға бағытталған тиісті құқықтық, ұйымдастырушылық, ғылыми, өндірістік, техникалық және экономикалық шараларды іске асыру мүмкіндігі тұрғысынан да бағаланады. Ресурсты үнемдеу әлеуеті нақты энергия және ресурсты үнемдеу іс-шаралары арқылы іске асырылады, оларды өндіріс мәдениетін арттыру, жабдықты пайдаланудың номиналды режимдерін сақтау, агрегаттарды тиеудің оңтайлы деңгейін қамтамасыз ету, отын-энергетикалық ресурстардың тікелей ысыраптарын жою, баптау және жөндеу-қалпына келтіру жұмыстарын уақтылы орындау, қайталама энергия ресурстарын пайдалану (желдету шығарындыларының төмен әлеуетті жылуын кәдеге жаратуды, энергияны регенерациялау және рекуперациялау процестерін қоса алғанда), пайдаланылатын энергетикалық және басқа да ресурстарды есепке алу аспаптарымен жарақтандыру және моральдық ескірген өндірістік қуаттарды (өндірістік тораптарды) уақтылы алмастыру, қазіргі заманғы энергия тиімді және энергия үнемдейтін жабдықтарды енгізу, қолданыстағы технологиялық процестерді жаңғыртуға және автоматтандыруға байланысты инвестициялық ресурстар деп бөлуге болады.

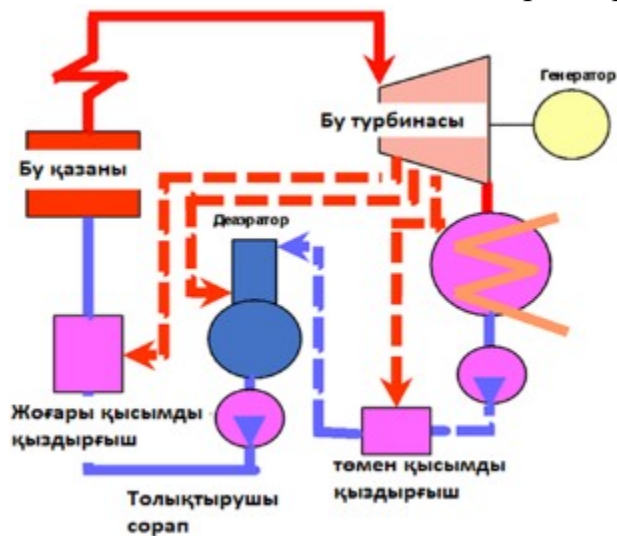
Өнім немесе көрсетілетін қызмет көлемінің бірлігіне энергия және басқа ресурстардың үлестік шығынын азайтуға әкеп соғатын технологиялық процесті және (немесе) пайдаланылатын жабдықты кез келген ықтимал қайта құру, әсіресе зиянды заттардың шығарындылары мен төгінділерінің төмендеуі кезінде (немесе қазіргі деңгейі кезінде) оның энергия тиімділігі мен ресурс үнемдеуін арттыру (осы қайта құрудың экономикалық тиімділігі мен технологиялық сенімділігін ескере отырып) ретінде бағаланады.

**3. Қолданылатын процестер: қазіргі уақытта пайдаланылатын технологиялық, техникалық шешімдер**

### 3.1. Конденсациялық бу турбиналық қондырғы

ЖЭС - жылу электр станциясы деп станцияға кіретін органикалық отынның жылу энергиясы электр энергиясына айналатын құрылыстар мен жабдықтар кешені түсініледі. КЭС-конденсациялық электр станциялары, бұл тек электр энергиясын өндіретін ЖЭС.

ЖЭС жұмысының негізінде Ренкиннің термодинамикалық циклі жатыр. Термодинамика тұрғысынан Ренкин циклінің жылу тиімділігінің артуы будың бастапқы және соңғы параметрлеріне және будың аралық қызып кетуіне байланысты. Бастапқы будың қысымы мен температурасы неғұрлым жоғары болса және будың соңғы параметрлері неғұрлым төмен болса, циклдің тиімділігі соғұрлым жоғары болады. Қазақстанда Кеңес заманындағы МАЭС (мемлекеттік аудандық электр станциясы) түріндегі КЭС атауы қалды. Ең ірі станциялар: «Болат Нұржанов ат. Екібастұз ГРЭС-1» - 500 МВт-тан 8 блок және «Екібастұз МАЭС-2 станциясы» АҚ, 500 МВт-тан 2 блок, 636 МВт 3-блок салынып жатыр. «Еуразиялық энергетикалық корпорация» АҚ (бұрынғы Ермак МАЭС) 300- 325 МВт блоктары бар электр станциясы. 23,8 МПа параметрлері мен температурасы 545/545 °С (будың бір реттік аралық қызып кетуімен) 500 және 300 МВт тозақ-көмір блоктары. Салынып жатқан ЕМАЭС-2 636 МВт 3-блогы бу параметрлеріне жобаланған: қысым 24 МПа, температура 565/565 °С. 500 және 300 МВт блоктардың параметрлері ШАҚ-шектен асқан қысымға жатады. Қазақстан Республикасында параметрлері 12,8 МПа және 545/545 °С болатын 200 МВт блоктары бар екі газ-мазутты КЭС бар.



3.1-сурет. КЭС негізгі схемасы

Органикалық отынды жағу кезінде ҚА-дан жылу шығады, оны су қабылдайды. Қызған кезде су белгілі бір параметрлермен: қысым және температурамен буға айналады. Алынған бу бу турбинына жіберіледі, онда будың жылу энергиясы генератор роторымен муфтамен байланысқан турбиналық ротордың механикалық айналу энергиясына айналады. Генераторда механикалық энергия электр энергиясына

айналады. Турбинада пайдаланылған бу конденсаторға жіберіледі, онда сумен салқындату есебінен бу конденсациясы жүреді, пайда болған негізгі конденсат конденсат сорғысымен төмен қысымды жылытқыштар (ТҚЖ) арқылы деаэраторға жіберіледі, онда суда ерітілген оттегі жойылады, қоректік сорғы арқылы қоректік су жоғары қысымды жылытқыштар тобы (ЖҚЖ) арқылы ҚА-ға жіберіледі.

Ресейдегі ең ірі конденсациялық блоктар-бұл Кострома МАЭС 1200 МВт газ-мұнай блогы және Сургут МАЭС-800 МВт газ-мұнай және Березовка МАЭС-тегі көмір блогы. 800 МВт газбен жұмыс істейтін бір блок Талимарджан ЖЭС-те (Өзбекстан). Ең алғашқы 800 МВт блок Кеңес Одағы кезінде Славян МАЭС-інде (Украина) салынды, қазіргі уақытта демонтаждалған. ҚХР-да 600-660 МВт бойынша 100-ден астам көмір блоктары орналасқан. Әлемдегі ең ірі ЖЭС-ҚХР Tuoketuo, 6600 МВт, жылына 33 млрд кВт\*сағ. астам электр энергиясын өндіреді. Ресейдегі ең ірі КЭС-Сургут МАЭС-2 қуаты 5597,1 МВт, шамамен 40 млрд кВт\*сағ өндіреді. Қазақстандағы ең ірі КЭС - қуаты 4000 МВт, шамамен 18 млрд кВтс өндіретін Екібастұз МАЭС-1. Будың ең жоғары параметрлерін алғаш рет АҚШ 1954 жылы Эддистоун-1 ЖЭС-те 325 МВт көмір блогында қолданды, қысым 35,9 МПа, температура 648/565/565 °С, мұнда алғаш рет будың екі аралық қатты қыздырылуы қолданылды. 1966 жылы Кашир МАЭС-те параметрлері 29,4 МПа және 650/565 °С болатын 100 МВт эксперименттік қондырғы салынды. Қазіргі уақытта ШАҚ параметрлері (шектен асқан қысым) Жапонияның КЭС-інде 1000 МВт Мацура-2 көмір блогында, қысымы 25,6 МПа, температура 593/593 /593 °С; ЖЭС-тегі 1050 МВт блокта Татибана шығанағы 1050 МВт, қысым 25 МПа, температура 600/610 °С. Германияда көмір блогында 740 МВт Гесслер, қысымы 27,5 МПа, температурасы 580/600 °С. Данияда көмір блогында 385 МВт Норджилланд, қысымы 29,5 МПа, температурасы 582/580/580, екі есе қатты қыздырылады. Меншікті қазба отын түрлерінің болмауы Жапонияны 20 жыл бұрын жылу үнемділігін арттыру және отын шығынын азайту үшін ШАҚ қолдануға мәжбүр етті. Мұндай жоғары бу параметрлері үшін бу жанарғылары, бу құбырлары және жоғары қысымды цилиндрлер үшін аустениттік болаттар қажет. Аустениттік болаттың құны көміртекті болатқа қарағанда 17-20 есе қымбат, сондықтан арзан отын үшін (Екібастұз көмірі сияқты) ШАҚ қолдану орынсыз, өйткені металл шығындары отынды үнемдеу есебінен өтелмейді.

КЭС регенеративті циклінің ПӘК 3.1 формула бойынша анықталады:

$$\eta_{\text{рег}} = \frac{\alpha_k H_k + \sum_i^n \alpha_i H_i}{\alpha_k q_{\text{ок}} + \sum_i^n \alpha_i H_i} \quad (3.1)$$

мұндағы: - конденсатордағы будың үлесі және i- іріктеу,

$H_K, H_I$ -конденсациялық ағынның және I-іріктеудің жылу ауысуы, кДж/кг;

$q_{OK} = (h_o - h'_K)$  - циклдегі жылудың үлестік шығындары, кДж/кг.

Регенерация болмаған кезде қарапайым Ренкин циклінің тиімділігі келесідей анықталады:

$$\eta_o = \frac{h_o - h_K}{h_o - h'_K} \quad (3.2)$$

КЭС абсолютті электрлік ПӘК төмендегідей анықталады:

$$\eta_{\Sigma} = \eta_t \eta_{oi} \eta_{ка} \eta_{тп} \eta_m \eta_{Г} \quad (3.3)$$

мұндағы: циклдің термиялық ПӘК,  
турбинаның ішкі салыстырмалы пәк,  
- қазандық агрегатының ПӘК, брутто,  
жылу ағынының (құбырдың) ПӘК,  
- механикалық ПӘК,

Циклдің териялық ПӘК бір аралық қатты қыздыру немесе екі еселік КЭС, Ренкин жұмысының негізіне алынған циклге байланысты анықталады. Қазақстанда бу екі еселік аралық қатты қыздырылатын қондырғылар жоқ. Бу бір рет өатты қыздырылатын Ренкин циклінің ПӘК төмендегідей анықталады:

(3.4)

мұндағы:  $h_{гпп}, h_{хпп}$  -аралық бу қыздырғыштан шығу және кіру кезіндегі будың энтальпиясына сәйкес, будың қуаты мен бастапқы параметрлеріне байланысты өнеркәсіптік қыздырғыштың қысымы (0,2-0,18) МПа қабылданады, аралық бу қыздырғыштан шығу температурасы, әдетте,  $T_0$  буының бастапқы температурасына тең деп қабылданады.

Көп цилиндрлі турбиналар үшін турбинаның ішкі салыстырмалы ПӘК цилиндрлер немесе бөліктер бойынша орташа мәнді қабылдайды:

(3.5)

мұнда:  $h_{кд}, h_{ко}$  -сәйкесінше конденсатордағы будың нақты және теориялық энтальпиясы.

Параметрлер турбинаның сипаттамалары бойынша қабылданады. Жалпы ҚА брутто ПӘК ҚА сипаттамалары бойынша қабылданады. ПӘК бойынша нақты деректер ҚА теңгерімдік сынақтары, кері теңгерімі бойынша айқындалады:

(3.6)

мұнда: - шығатын газдармен жылудың жоғалуы,

химиялық толық жағылмаған жылудың жоғалуы,

механикалық толық жағылмаған жылудың жоғалуы,

- сыртқы салқындатудан жылуды жоғалту,

қатты отындарға арналған қождың физикалық жылуымен жоғалту.

Шығатын газдармен жылудың жоғалуы ең маңызды, шығатын газдардың температурасы мен көлеміне байланысты, келесідей анықталады:

$$= \quad (3.7)$$

мұнда:  $I_{yx}$ , - сәйкесінше шығатын газдар мен суық ауаның энтальпиясы,

$\gamma_{yx}$  - шығатын газдардың артық ауа коэффициенті,

- механикалық толық жағылмаған жылуды жоғалту, %,

- қолда бар жылу, будың шашырауы кезінде отынның жану жылуы қабылданады, будың енгізген жылуы ескеріледі:

Жанудың химиялық толық еместігінен жылудың жоғалуы отынның жануы мен алаудың аэродинамикасы үшін берілетін ауа мөлшеріне байланысты (отынды ауамен араластыру). Химиялық толық жағылмау толық жанбаған өнімдердің пайда болуымен сипатталады:  $CO$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ . Төмендегідей есептеледі:

$$(3.8)$$

мұнда: - құрғақ газдардың көлемі,  $RO_2$  - үшатомды газдардың үлесі.

Механикалық толық жағылмаған жылудың жоғалуы қождағы және шығарылымдағы жанбайтын бөлшектердің жылу мөлшерімен анықталады:

$$(3.9)$$

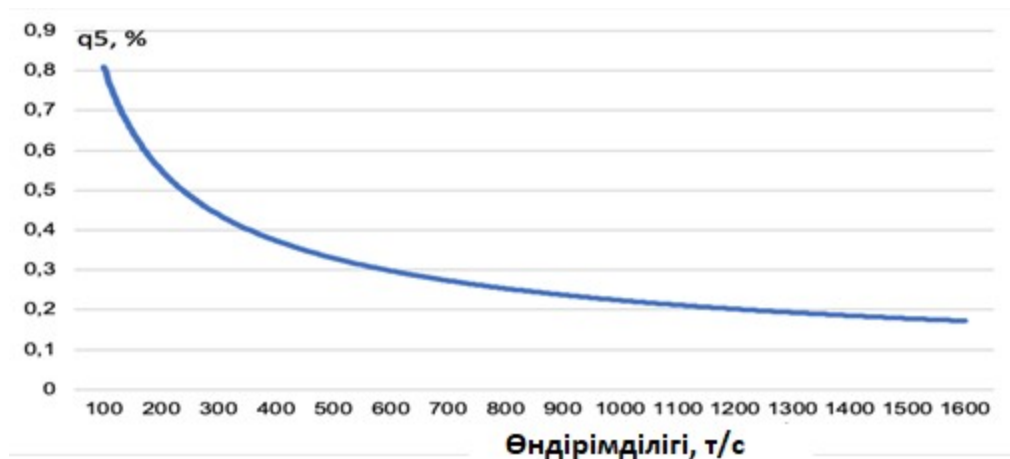
мұнда:  $\gamma$ , қождың үлесі,  $\gamma_{ж}$ , - қождағы жанғыш заттар,

$\gamma_{ж}$ , шығарылым үлесі,  $\gamma_{ж}$  - шығарылымдағы жанар заттың құрамы,

- жылу жанғыш қож мен қоқыстың жануы, көміртектің жану жылуы қабылданады - 32700 кДж/кг.

Нормалар бойынша Екібастұз көмірі үшін механикалық толық жағылмаған жылудың жоғалуы 2 % [6], бірақ іс жүзінде одан көп.

Сыртқы салқындатудан жылудың жоғалуы ҚА өнімділігіне және жүктемеге байланысты кесте бойынша қабылданады.



3.2-сурет. Сыртқы салқындатудан жылуды жоғалту

Қатты отынды жағу кезінде ескерілетін қождың физикалық жылуымен бірге жоғалту қожды шығару тәсіліне байланысты, сұйық қожды жою кезінде қождың температурасы сұйық күй бойынша қабылданады, қатты қожды жою кезінде температура 600 °С қабылданады. Қазақстанда сұйық қож шығаратын КА жоқ. Жоғалту төмендегідей анықталады:

$$(3.10)$$

- қождың жылу сыйымдылығы.

### 3.2. Когенерация - электр және жылу энергиясын аралас өндіру

ЖЭС-тің басқа түрі электр және жылу энергиясын аралас өндіретін (когенерация) ЖЭО-жылу электр орталығы болып табылады. Жылу энергиясы ЖЭО-дан белгілі бір параметрлері бар бу және жылытуға ыстық сумен және ыстық сумен жабдықтайтын ыстық су түрінде жіберіледі. 3.3-суретте өнеркәсіптік-жылыту ЖЭО негізгі жылу схемасы келтірілген. КЭС схемасынан айырмашылығы, ЖЭО-да өндірістік тұтынушыларға жіберу үшін, сондай-ақ желілік суды жылыту үшін пайдаланылатын реттелетін бу іріктеулері бар турбиналар орнатылады. Турбина тоқтаған жағдайда өндірістік бу редуциялық-салқындату құрылғысы (РОҚ) арқылы резервтеледі. Суық мезгілде температура кестесіне байланысты желілік судың температурасы 130-150 °С дейін жетуі мүмкін, ол ең жоғары ыстық су қазандықтарында немесе ең жоғары желілік жылытқыштарда қыздырылуы мүмкін. Кейбір жылыту турбиналарының конденсаторларында құрастырмалы шоғыр орнатылуы мүмкін, онда толықтырушы немесе кері желілік су қыздырылады. Турбинада ішінара пайдаланылған бу жылуын пайдалану нәтижесінде бұл бу ағыны конденсаторға енбейді, сондықтан жылу жоғалмайды, сондықтан аралас өндірістегі жылу тиімділігі КЭС-ке қарағанда жоғары. ЖЭО-да отын жылуын пайдалану коэффициенті 75-80 %, ал энергияны үнемдейтін 90 % жетуі мүмкін.

$$(3.11)$$

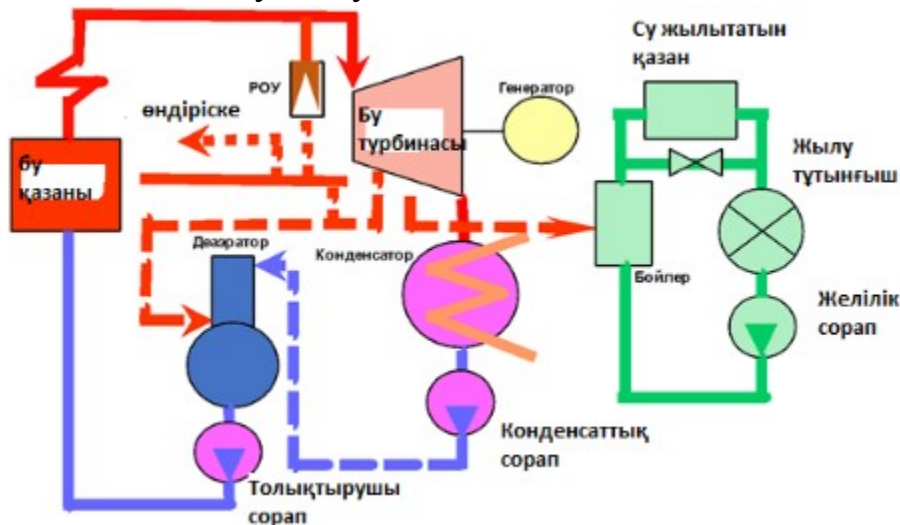
мұндағы:  $W$ -электр энергиясын жіберу, млн кВтсағ;



$Q$ -жылу энергиясын жіберу, Гкал;

$V$ -отын шығыны, т;

- отынның жану жылуы.



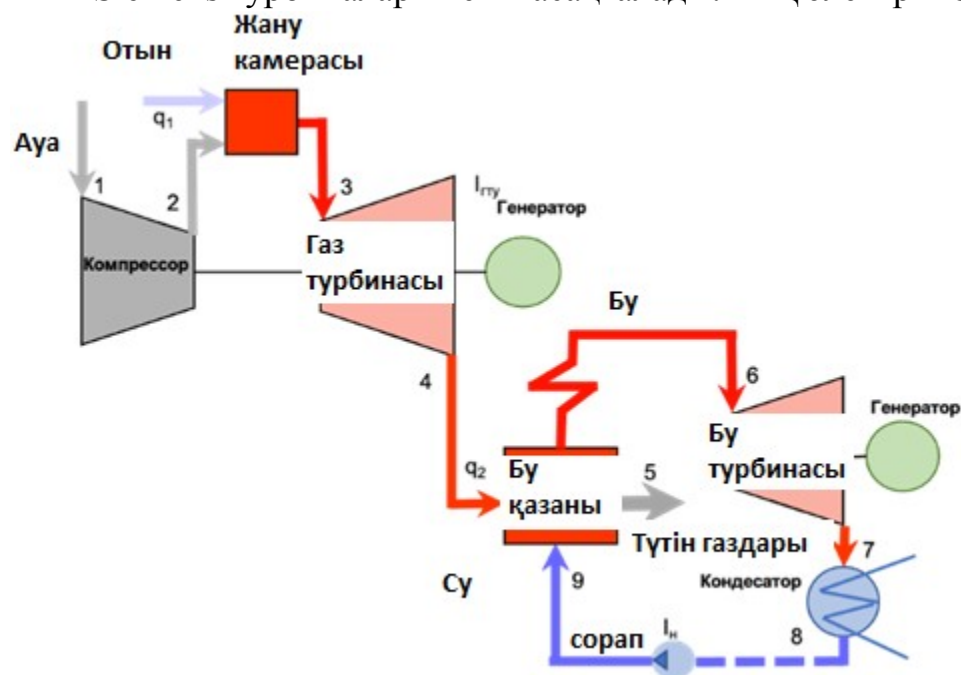
3.3-сурет. ЖЭО негізгі жылу схемасы

Егер конденсациялық блоктар үшін типтік жылу тізбектері іс жүзінде жасалынған болса, онда ЖЭО үшін негізгі жабдықтың бірдей құрамына қарамастан, жылу тізбектері әртүрлі болуы мүмкін, осыдан келіп олар әр түрлі отынға, жылу жүктемелерінің құрылымына, климаттық жағдайларға, бастапқы судың сапасына, экологиялық талаптарға және басқа факторларға байланысты ерекшеленеді. Қазақстан Республикасында буы өнеркәсіптік қатты қыздырылатын ШАҚ параметрлері бар ЖЭО жоқ. Т-250-240 типті жылу турбиналары ТМД-ның ірі қалаларында (Мәскеу, Киев, Ленинград) орнатылған. Қазақстанда бу іріктеп реттелетін ең ірі турбина - ПТ-135/165-130/15 біреу ғана, ол Қарағанды ЖЭО-2 (ЖЭО-2 «Арселор Миттал Теміртау» АҚ) орнатылған, жылу турбинасы Т-100/120-130 Т-110/120-130, Т-120/130-130) Алматы 2-ЖЭО, Астана ЖЭО-2, Павлодар 3-ЖЭО, Қарағанды 3-ЖЭО және Өскемен ЖЭО-да орнатылған. ҚХР өндірген осыған ұқсас турбиналар-СС-120/130-12,8/1,08/0,2 (Дунфан) және СС-110/120-12,7/0,23 (Харбин) Өскемен (ӨТЭО) және Қарағанды ЖЭО-3 (ЖЭО-3 ҚЭО) орнатылған. Топар МАЭС-те (бұрынғы Қарағанды МАЭС-2) К-100-90-нан қайта жаңартылған екі Т-86-100 турбинасы, сондай-ақ К-50-90-дан қайта жаңартылған бірнеше Т-42-90 турбинасы бар. Қарағанды ЖЭО-3-тегі ең ірі КА ҚХР өндірген НГ-670/14-УМ20 (Харбин), өнімділігі 670 т/сағ, өнеркәсіптік қатты қыздыру қолданылмайды. ӨЖЭО-да ТПЕ-430 типті бір КА орнатылған, оның өндірімділігі - 500 т/с; Шымкент ЖЭО-3-те КА ТГМЕ-464 орнатылған, өндірімділігі - 500 т/с; МАЭК ЖЭО-2-де КА ТГМЕ-96Б орнатылған, өндірімділігі - 480 т/с, КА Е-420-140 (1, 5 және 7С модельді БКЗ және Е-420-13,8-560 КТ ТҚЖ) Алматы ЖЭО-2-де, Астана ЖЭО-2-де, Павлодар ЖЭО-3-те, «Қазақстан Алюминий» АҚ ЖЭО-да орнатылған. Қысымы 140 кг/см<sup>2</sup>, өнімділігі 320 т/сағ. ҚА бар. Қысымы 100 кг/см<sup>2</sup> қысымға өнімділігі 160-190 т/сағ. КА бар.

Осыларға қоса қысымы 35-39 кг/см<sup>2</sup>, өндірімділігі 50-100 т/с КА пайдаланылады, Ақтөбе ЖЭО-да өнімділігі 110 т/сағ. 1945 ж. және 1952 ж. АҚШ-тың екі Реллей Стокер КА жұмыс істеп тұр. Өнімділігі 110 т/сағ. Реллей Стокер АМӨЗ ЖЭО-да өнімділігі 34 т/сағ 1945 ж. екі Реллей Стокер КА резервке шығарылды. Шымкент ЖЭО-1-де 1955-1960 жылдары шығарылған, өнімділігі 80 т/сағ. Ламонт типті КА орнатылған. Шымкент ЖЭО-2-де өндірімділігі 28 т/с, қысымы 22 кг/см<sup>2</sup> НЗЛ КА және 1951-1954 жж. өндірімділігі 30 және 35 т/с ТП-30, ТП-35 орнатылған.

### 3.2.1. Газ турбиналарын, БГҚ қолдана отырып когенерациялау

Өткен ғасырдың 50-ші жылдары электр энергиясын өндіру және отын жылуын пайдалану ПӘК арттыру үшін газ турбиасынан, бу қазандығынан және бу турбиасынан тұратын БГҚ қолданыла бастады. 3.2.2-суретте БГҚ схемасы көрсетілген. Газ және бу турбиасы қуатының шамамен арақатынасы 2: 1. Егер газ турбиасының қуаты 100 МВт болса, онда бу турбиасының қуаты шамамен 35 МВт құрайды. Қазіргі уақытта Ресей Федерациясында ПМУ-450 және ПМУ-800 МВт блоктарының типтік жобалары жасалды. Пермь МАЭС-те ПМУ-800 блогы орнатылды, бірақ пайдалану нәтижесінде олар 903 МВт-қа қайта сертификатталды, блок қосарланған блок схемасына сәйкес жасалды: екі газ турбиасы-бір бу. ПМУ-800 блоктары қуаты 288 МВт Siemens турбиналарымен жасақталады. БГҚ электр ПӘК 60 % жетеді.



3.4-сурет. БГҚ схемасы

БГҚ үшін отын әдетте газ болып табылады. Қазақстан Республикасында Ақтөбедегі Қазхром ГТҚ-да ең қуатты 137 МВт БГҚ бар. Қызылорда ГТЭС-те қуаты 16,5 МВт Дж-59 л<sup>3</sup> газ турбиасымен бірге жылу қуаты 20 Гкал/сағ кәдеге жаратқыш-су жылыту қазаны орнатылды. БГҚ-жа жылыту жүктемесі болуы мүмкін. Пайдаланылған газдардың жылуы жеткіліксіз болған жағдайда кәдеге жаратқыш қазандықта қосымша

отын беруге арналған өзінің қыздырғыш құрылғылары болуы мүмкін. БГҚ ПӘК төмендегідей анықталады:

(3.12)

мұндағы:  $m = I_{\text{ЖМ}} / I_{\text{к}}$ ; бу турбинасының үлестік жұмысының БГҚ-дағы жылудың үлестік шығындарынан үлесі;

$H_2$ -компрессордан шығатын ауа энтальпиясы, кДж/кг;

$h_3$ -газ турбинасына кіре берістегі газдардың энтальпиясы, кДж/кг;

$h_4$ -газ турбинасының шығу энтальпиясы, кДж/кг;

$H_5$  - кәдеге жарату қазандығының шығатын газ энтальпиясы, кДж/кг;

$h_6$ -ҚҚ, кДж/кг шығудағы бу энтальпиясы;

$H_7$  - ЖМ, кДж/кг үшін пайдаланылған будың энтальпиясы;

$h_8$ -конденсат энтальпиясы, кДж/кг;

$h_9$  - қоректік су энтальпиясы, кДж/кг;

$I_{\text{ЖМ}} = h_6 - h_7$ , бу турбинасындағы жылу ауытқуы, кДж/кг;

$I_{\text{к}} = h_7 - h_8$ , конденсацияның үлестік жылуы, кДж/кг;

$I_{\text{н}} = h_9 - h_8$ , сорғыдағы қоректік суды жылыту, кДж/кг;

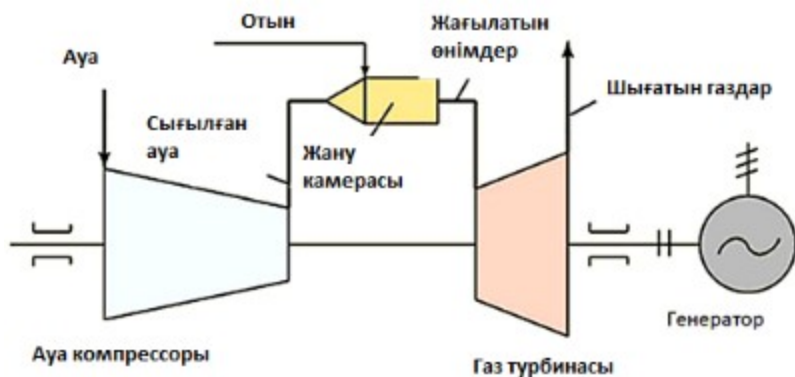
$q_1 = h_3 - h_2$ , жану камерасындағы отынның жануының үлестік жылуы, кДж/кг;

$q_2 = h_6 - h_9 - m (h_4 - h_5)$ , ҚҚ, кДж/кг алынған үлестік жылу.

БГҚ ПӘК 55-60 % жетуі мүмкін.

### 3.3. Газ-турбиналық қондырғылар (ГТҚ)

Газ турбиналық қондырғы - үш негізгі элементтен тұратын жылу қозғалтқышы: ауа компрессоры, жану камерасы және газ турбинасы (3.3.1-сурет). ГТҚ жұмыс қағидаты төмендегідей. Атмосферадан ауа компрессорға түседі, онда ол сығылады және жоғары қысым кезінде жану камерасына түседі, онда сұйық немесе газ тәрізді отын бір уақытта жеткізіледі. Камерадағы жану процесі тұрақты қысым кезінде жүргізіледі. Жану өнімдері газ турбинасына түседі, онда олар кеңейіп, пайдалы жұмыс жасайды, содан кейін шығарылатын газдар атмосфераға шығарылады. Газ турбинасымен күшейтілген қуат ішінара компрессор жетегіне жұмсалады, ал қалған бөлігі газ турбиналық қондырғының пайдалы қуаты болып табылады.



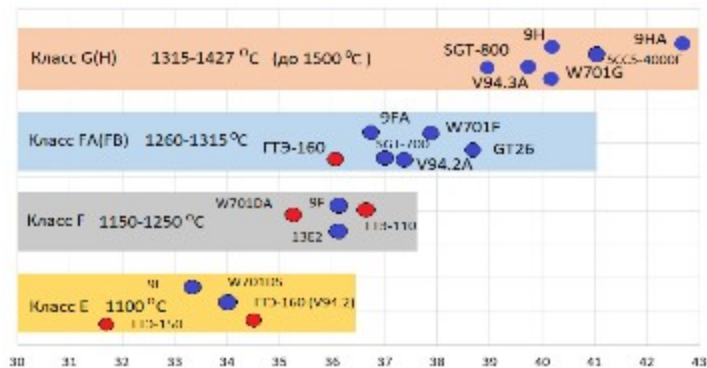
3.5-сурет. Қарапайым ГТҚ негізгі схемасы

Соңғы жылдары газ турбиналық қондырғылар энергетикада және басқа да түрлі салаларда кеңінен қолданыла бастады. Оған себеп газ турбиналарының мынадай сияпты болып табылады: жылу және кинематикалық схеманың қарапайымдылығы; құрылымның салыстырмалы қарапайымдылығы; қуат бірлігіне келетін аз масса; жоғары маневрлік; жұмысты салыстырмалы түрде қарапайым автоматтандыру; ластағыш заттардың төмен эмиссиясы. Турбомашиналардың аэродинамикасы саласындағы, сондай-ақ ыстыққа төзімді болаттар мен қорытпаларды әзірлеудегі жетістіктер ГТҚ-ның жылу тиімділігін едәуір арттыруға мүмкіндік берді. Қарапайым циклдегі заманауи ГТҚ-ның электр ПӘК 39-41,5 %-ға жетеді [74].

ГТҚ - да газ тәрізді және жеңіл сұйық отын қолданылады. Зиянды қоспалары бар ауыр сұрыпты сұйық отынды пайдалану кезінде ауыр отын құрамындағы күкірт пен ванадий қосылыстарының әсерінен турбина бөліктерінің коррозиясын болғызбау үшін арнайы отын дайындау жүйесі қажет. ГТҚ-да қатты отынды пайдалану проблемасы қарқынды тәжірибелік-өнеркәсіптік игеру сатысында қаралып жатыр.

ГТҚ тиімділігін арттырудың негізгі бағыттары турбина алдындағы газ температурасын (1500 нС дейін) және компрессордағы қысым деңгейін энергетикалық ГТҚ үшін 20-дан астам және авиациялық ГТҚ үшін 40-қа дейін арттыру болып табылады. Мұны жаңа материалдардың кеңінен енгізілуіне байланысты іске асыруға болады: турбиналық қалақтарға арналған монокристалды, дискілерге арналған хромды болаттар, турбиналық қалақтарға арналған арнайы жылу оқшаулағыш жабындарды және жану камераларына арналған керамикалық плиткаларды, газ турбинасының Жоғары температуралы элементтеріне арналған бу мен ауаны салқындатудың прогрессивті технологияларын қолдану.

Газ турбинасы алдындағы газдардың тиімділік деңгейі мен температурасы бойынша шетелде сериямен шығарылатын ГТҚ шартты түрде 4 сыныпқа бөлінуі мүмкін (3.6-сурет).



3.6-сурет. Газ турбинасына кіретін жердегі газдардың температурасына байланысты ГТҚ тиімділігінің көрсеткіштері

H класты GE 9HA.01 және 9HA.02 ең қуатты турбиналарының электр қуаты сәйкесінше 448 МВт және 571 МВт. H класты Siemens SGT5-8000HL және SGT5-9000HL ең қуатты турбиналарының электр қуаты сәйкесінше 481 МВт және 593 МВт. Әлемдегі ең қуатты турбиналардың тиімділігі 42-44 % құрайды. 9HA GE газ турбинасының жалпы көрінісі 3.7 суретте көрсетілген.



3.7-сурет. 9HA GE газ турбинасының жалпы көрінісі

Қазіргі заманғы газ турбиналары үшін зиянды шығарындылардың пайда болуын тежеудің «құрғақ» әдістерін қолдана отырып, шағын эмиссиялық жану камералары жасалды.

Төмен эмиссиялық ГТҚ жану камераларын әзірлеудегі ең көп таралған бағыт DLN технологиясы (Dry Low NO<sub>x</sub>-тан) деп аталатын NO<sub>x</sub> эмиссиясын құрғақ басу технологиясы болып табылады. Ол жану камерасының фронттық құрылғысында алдын-ала дайындалған кедей отын-ауа қоспасының жануын ұйымдастыруды көздейді.

Газтурбиналық жану камераларының фронттық құрылғыларында ауаның тым артық мөлшерін қолдану алдын ала ғана емес, сонымен қатар диффузиялық қоспаның түзілуі кезінде де NO<sub>x</sub> эмиссиясын азайтудың маңызды факторы болып табылады. 3.8-суретте

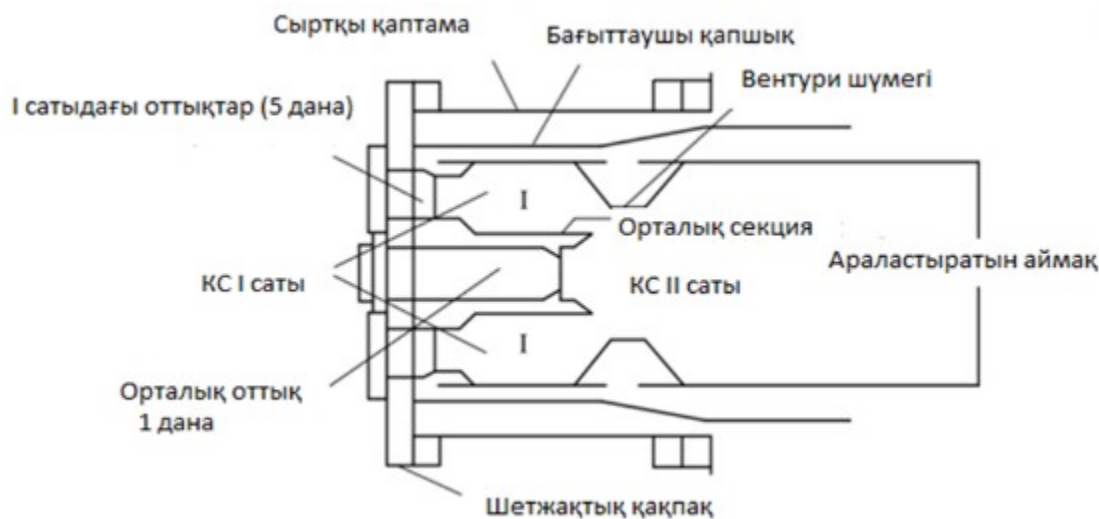
General Electric (АҚШ) фирмасы әзірлеген және жұмыс барысында сынап көрген және DLN таңбасы бар екі сатылы ЖК негізгі схемасы келтірілген.

ГТҚ жану камераларында азот оксидтерінің эмиссиясын төмендетудің DLN-технологиясын пайдаланудың жинақталған практикалық тәжірибесі бұл технологияның кең мүмкіндіктері мен оны жүзеге асырудың варианттарының көптігін көрсетеді [75].

Қазіргі заманғы энергетикалық нарықта құрғақ аз уытты жанарғылары бар DLN типті ЖК-де отын жағу ГТҚ шығарылым газдарындағы NO<sub>x</sub> шығарындыларымен күресудің аса қымбат емес әдісі болып табылады, NO құрамы 25 ppm аспайды (51,3 мг/м<sup>3</sup>). Газ



турбинына кіре берістегі газдардың температурасы 1327 болатын DLN-2.6 типті жанарғылардың жаңа конструкциялары NO шығарындыларын 15 ppm (30,8 мг/м<sup>3</sup>) дейін, ал 1396 лС температура кезінде 9 ppm дейін азайтуға мүмкіндік береді (18,5 мг/м<sup>3</sup>).



3.8-сурет. GE фирмасының DLN типті ЖК негізгі схемасы

DLN-технологиясы түрлерінің біріне SOLO-NO<sub>x</sub> [80] жану технологиясы бойынша ұйымдастыру жатады, мұнда радиус бойынша бөлінген (жанарғы тіркелімінен кейін) ауаның артық болуы кезінде отын жеткізу іске асырылады, бұл жанғыш отын-ауа қоспасының гомогенизациясының жеткілікті жоғары деңгейін (округтік бағыттағы құрамның жоғары гетерогенділігі кезінде) және бастапқы аймақтағы температураның орташа деңгейін төмендетуді қамтамасыз етеді.

Төмен эмиссиялық жану камераларында (ТЭЖК) артық ауа коэффициенті бойынша тұрақты жұмыстың тар диапазоны бар. Бұл коэффициент қоршаған орта температурасы мен газ турбинының жүктемесі өзгерген кезде өте қатты өзгеруі мүмкін. Қоршаған ауаның температурасы өзгерген кезде ТЭЖК-ні реттеу үшін жану камерасының ішіндегі ауаның әртүрлі тасталуы мен қайта іске қосылуы, отынның көп коллекторлық кезенді берілуі, компрессор аппаратының кіріс бағыттаушының (АКБ) бұрылмалы қалақтары қолданылады. Solar компаниясының Titan 130 ГТҚ-да ыстық құбырдың алдыңғы жағына ауа шығынын басқару жүйесі қолданылады. Қажет болған жағдайда артық ауа ГТҚ-ның шығатын шахтасына қайта іске қосу клапаны арқылы шығарылады. Басқару жүйесіне СО эмиссиясын тікелей өлшеу де кіреді, оның негізінде ыстық құбырға жіберілетін ауа шығыны реттеледі. Бұл реттеу қоршаған ауаның температурасы -18 ыС дейін болғанда, 50-ден 100 % дейінгі қуатта 25 ppm төмен NO<sub>x</sub> және СО эмиссиясын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Siemens компаниясының жоғары қуатты ГТҚ қазіргі уақытта ультра төмен NO<sub>x</sub> эмиссиясы бар көп модульді жану камерасы пайдаланылады, реттелетін v<sub>pa</sub>, көп коллекторлық отын беру жүйесі және ауа ағынын басқару жүйесі арқылы қоршаған

орта жағдайларының кең диапазонында 30-дан 100 %-ға дейінгі қуат диапазонында NO<sub>x</sub> және C 10 ppm-ден төмен шығаруды қамтамасыз етеді.

Бүгінгі таңда GE 9HA газ турбиналары үшін DLN 2.6e технологиясы бойынша сипаттамалардың, шығарындылардың және отын икемділігінің сатылы өзгерістерін ұсынады. DLN 2.6e технологиясы «молайтылған» да, «сарқылған» да отын - ауа қоспаларымен жұмыс істеу үшін жетілдірілген алдын ала араластыруды, кеңейтілген отын икемділігімен, сутегіні 100 % жағуға технологиялық өтетін сутегінің 50 % (H<sub>2</sub>) қосындысын пайдалану мүмкіндігімен, газ турбиасын 30 %-ға дейін жүктемеге реттеу мүмкіндігімен қамтамасыз етеді.

Осылайша, қазіргі уақытта қолданылып отырған көптеген ГТҚ-да төмен эмиссиялық режимдегі жұмыспен қамтамасыз ету үшін ГТҚ параметрлері өзгерген кезде жану аймағындағы температура сақталады.

3.1-кестеде қазіргі заманғы бірқатар GE, Siemens, MHI ГТҚ NO<sub>x</sub> және CO шығарындыларының техникалық сипаттамалары мен қол жеткізілген деңгейлері келтірілген.

3.1-кесте. Қазіргі заманғы газ турбиналарының техникалық және экологиялық сипаттамалары

P/c №	Параметрлері	LMS100-PA+	9HA.01	9HA.02	9F.06	M701J	SGT5-8000H	SGT5-9000HL
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Желі жиілігі (Гц)	50	50	50	50	50	50	50
2	ISO бойынша қуаты (МВт)	115,0	448	571	359	478	450	593
3	Жылудың үлестік шығыны, брутто ( Btu / kWh)	7905	7960	7740	8146	8067	8322	7972
4	Жылудың үлестік шығыны, брутто ( кДж / кВт * сағ)	8340	8398	8201	8595	8511	8780	8411
5	Брутто ПӘК (%)	43,2 %	42,9 %	44 %	41,9 %	42,3 %	41,5 %	42,8 %
6	Отынның есептік шығыны*, КГ/с	5,7	22,4	27,8	18,3	24,2	23,2	29,7
7	Сығылу дәрежесі		21	22	19,5		21	24
8	Пайдаланылған газдың температурасы (ыF)	790	1130	1184	1132	1166	1166	1238
9	Пайдаланылған газдың температурасы (ыC)	421	610	640	611	630	630	670
10	Пайдаланылған газдың энергиясы ( mm Btu / hr)	360	1906	2430	1700	2118	2210	2640
11	Пайдаланылған газдың энергиясы ( 10 <sup>6</sup> кДж/сағ)	380	2011	2564	1794	2235	2332	2785
12	Ең төменгі жүктеме ГТ (%)	25 %	30	30	38	40	30	30
13	ГТ жүктемесінің жиналу жылдамдығы (МВт / мин)	50	65	88	65	58	65	85
14	NO <sub>x</sub> (ppm) (@15 % O <sub>2</sub> )	25	25	25	15	25	25	25

15	CO (ppm) (@15 % O <sub>2</sub> )t	113	15	9	9	9	10	10
16	Толық қуатқа шығу уақыты (мин)	10	23	23	23	<30	<30	<30

\* отын шығыны отын газының жану жылуы 11173 ккал/кг кезінде есептелген.

Қазіргі уақытта Қазақстанда қуаты 10-нан 100 МВт-қа дейінгі 50-ге жуық энергетикалық газ турбины пайдаланылуда. Қазақстандағы ең қуатты энергетикалық ГТҚ - қуаты 100 МВт GT13D АBB. Қазақстанда электр энергиясын өндіру және газ турбиналары бар электр станцияларының белгіленген қуаты 3.2-кестеде келтірілген.

3.2-кесте. Қазақстандағы газ турбиналы жылу электр станцияларының тізбесі

Р/с №	ГТЭС атауы	Отын газ	Белгіленген қуаты, МВт	2018 жылы электр энергиясын өндіру, млн кВтс	Белгіленген қуатты пайдалану коэффициенті	Облыс
1	2	3	4	5	6	7
1	ТШО-480	Ілеспе газ	111	532	54,8	Атырау
2	ТШО-242	Ілеспе газ	242	761,3	35,9	Атырау
3	ТШО-144	Ілеспе газ	136	581,2	48,8	Атырау
4	«Қашаған»	Ілеспе газ	244,2	1172,2	54,8	Атырау
5	Жаңажол-45	Ілеспе газ	34	97,5	32,9	Ақтөбе
6	Жаңажол	Ілеспе газ	152	705	72,9	Ақтөбе
7	АФЗ (ГТҚ-100)	Ілеспе газ	100	833,3	97,3	Ақтөбе
8	КПО	Ілеспе газ	145	945	74,4	Батыс Қазақстан
9	Орал	Табиғи газ	54	308,6	65,2	Батыс Қазақстан
10	ГТЭС-200	Табиғи газ	100	537,0	61,3	Батыс Қазақстан
11	ГТЭС-26	Табиғи газ	43	155,9	41,5	Батыс Қазақстан
12	Орал ЖЭО (ГТҚ 25)	Табиғи газ	28,5	176,9	70,9	Батыс Қазақстан
13	«Құмкөл»	Ілеспе газ	102	321,4	36	Қарағанды
14	Қызылорда	Табиғи газ	46	217,4	54,0	Қызылорда
15	«Ақшабұлақ»	Ілеспе газ	87	721,9	94,7	Қызылорда
16	«Қаламқас»	Табиғи газ	90	340	43,1	Маңғыстау

### 3.4. Аралас циклдар

Аралас цикл - әртүрлі жұмыс денелерінде және әртүрлі температура аймақтарында жүзеге асырылатын қарапайым циклдар тізбегі. Қарапайым циклдар арасында міндетті түрде термодинамикалық байланыс болады: ең жоғары температура аймағында жүзеге асырылатын циклде жылудың бір бөлігі жұмысқа айналады, ал екінші бөлігі термодинамиканың екінші заңына сәйкес қосымша жұмыс үшін төменгі температура аймағында жүзеге асырылатын циклге беріледі. Қарапайым циклдар арасындағы термодинамикалық байланысқа байланысты аралас цикл-бұл әр циклге қарағанда жылу



энергиясын жеткізу мен бөлудің орташа температурасының үлкен қатынасы бар цикл. Сондықтан оның жылу тиімділігі әрдайым қарапайым циклдердің әрқайсысының тиімділігіне қарағанда жоғары.

Күрделі аралас циклдерді іске асырудағы техникалық қиындықтар тек екі бөлек циклмен шектеледі: жоғары температура және төмен температура. Мұндай циклдар бинарлық деп аталады.

Қазіргі жылу энергетикасында жоғары температуралық цикл ГТҚ көмегімен жүзеге асырылады, онда ауа мен отынның жану өнімдері жұмыс денесі болып табылады, ал төмен температура сұйық және бу күйіндегі су болып табылатын бу қондырғыларының көмегімен жүзеге асырылады. Газ турбиналы және бу қуатын пайдаланатын энергетикалық қондырғылар бу-газ деп аталады.

Бу-газ циклдері өте алуан түрлі, олар ГТҚ шығаратын газдардың жылу энергиясын пайдалану тәсілдерінен туындайды (қазіргі ГТҚ шығаратын газдардың температурасы 640-680 ыС-қа жетеді).

Ең қарапайым және кең таралған кәдеге жарату бу-газ циклы газ турбиналық (ГТҚ) және бу-айдау (БАЦ) циклдерінен тұрады. Олардың біріншісі - жоғары температура, екіншісі і төмен температура циклі. Қазіргі ГТҚ үшін газдардың бастапқы температурасы ыс орташа есеппен 1200-1400 нС, ал газ турбинасындағы кеңею дәрежесі  $i = 16 \div 20$  құрайды. Бұл ГТУ

550 - 600 УС пайдаланылған газдардың температурасын қамтамасыз етеді, бұл бастапқы температурасы 510 - 560 ыС бу алуға мүмкіндік береді. БАЦ механикалық қуаты тек ГТҚ шығаратын газдардың жылу қуатына байланысты алынады, сондықтан қарастырылып отырған БГҚ кәдеге жарату деп аталады. Онда жану камерасына (ЖК) енгізілген отынның жылуы алдымен газ турбинасында, содан кейін бу циклінде дәйекті түрде қолданылады, сондықтан БГҚ кәдеге жарату энергия қондырғыларының барлық белгілі түрлерінің ішіндегі ең үнемдісі болып табылады.

Қарастырылып отырған кәдеге жарату циклінің пайдалы әсер коэффициенті төмендегі арақатынастан анықталады:

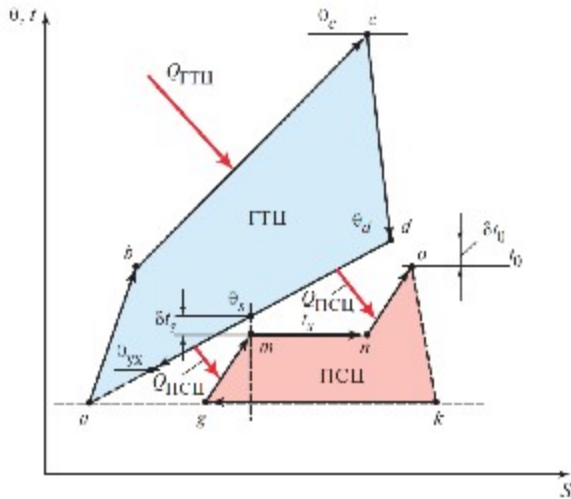
$$\eta_{ГЦ} = \eta_{ГТЦ} + (1 - \eta_{ГТЦ})\eta_{ПБЦ} \quad (3.1)$$

Немесе БАЦ ПӘК бұдың турбиналық қондырғысының (БТҚ) және кәдеге жаратушы қазанның (КҚ) ПӘК байланысты екенін ескере отырып, кәдеге жаратушы БГҚ үшін ПӘК-ті былайша анықтауға болады:

$$\eta_{БГҚ} = \eta_{ГТУ} + (1 - \eta_{ГТУ})\eta_{КҚ} \eta_{ПТУ} \quad (3.2)$$

мұнда

$\eta_{КҚ}$ -кәдеге жарату қазандығының ПӘК.

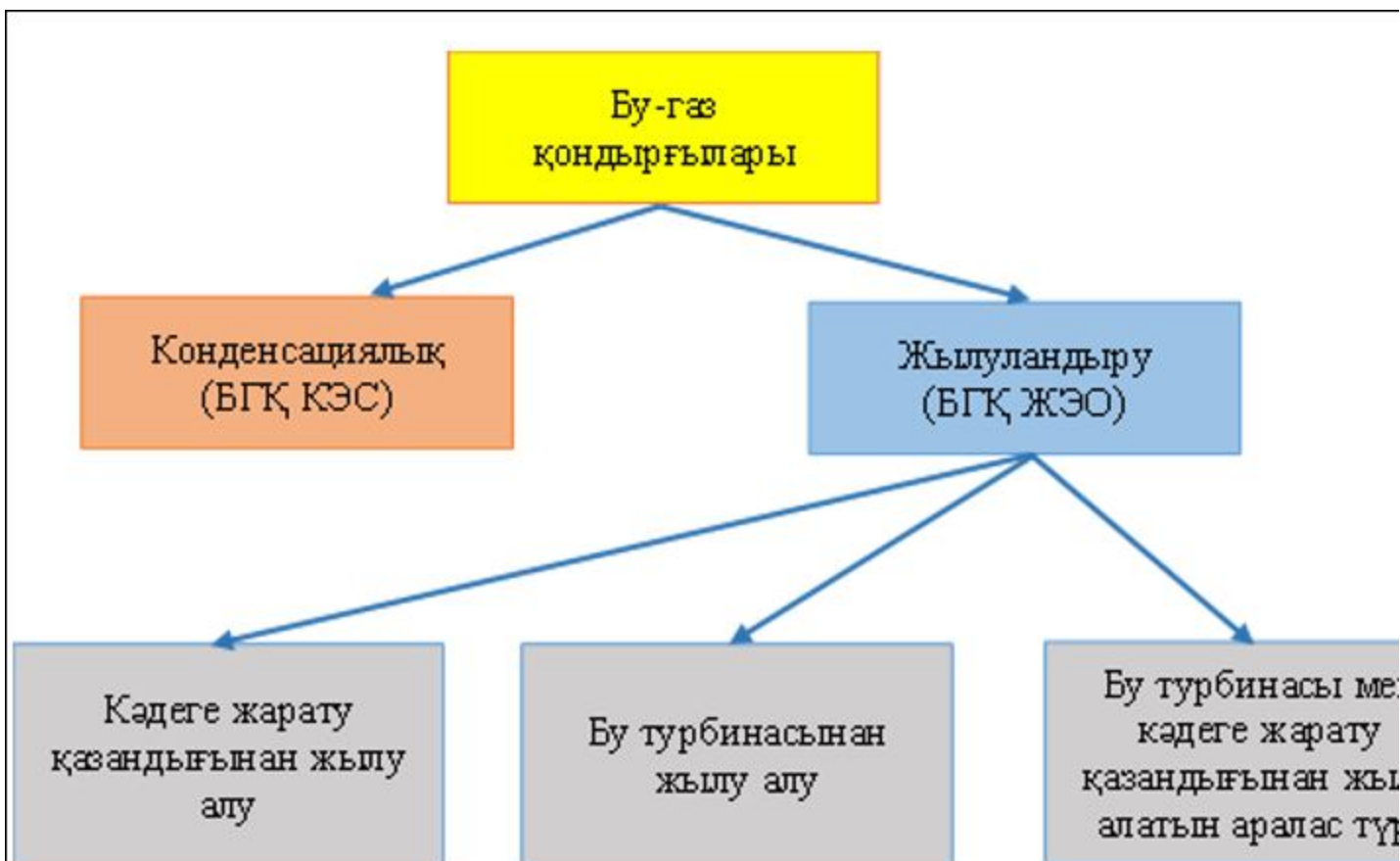


3.9-сурет. Қарапайым кәдеге жарату бу-газды циклы

(3.2) Арақатынастан көрініп тұрғандай, БГҚ ПӘК екі компоненттен тұрады: ГҚҚ ПӘК және ГҚҚ шығаратын газдардың жылуын пайдалануды көрсететін қосымша. БГҚ кәдеге жарату ПӘК 50-60 %, ал типтік ГҚҚ ПӘК 36-40 % құрайды. Бұл ГҚҚ-ның БГҚ жалпы үнемділігінде шешуші рөл атқаратынын көрсетеді. Сонымен қатар, ең үздік ГҚҚ-ның ПӘК қазіргі заманғы дәстүрлі бу қондырғыларының тиімділігінен аз (42-46 %). Осыған сәйкес, БГҚ пайдалану дәстүрлі ШКБ ПӘК қарағанда қоспа көбірек үнемділікті қамтамасыз еткенде, мақсатқа сай болады. Бұл қоспаның сандық мәні, ең алдымен, БТҚ  $K_{БТҚ}$  ПӘК анықталады, ол  $t_0$  будың бастапқы температурасына тәуелді болады. БГҚ салу орынсыз болатын газдардың шектік температурасы ГҚҚ үшін  $n_d$  470 - 480 -С деңгейінде болады.

Бу-газ қондырғылары әртүрлі белгілері бойынша жіктеледі: ГҚҚ (мысалы, энергетикалық немесе конверсиялық) мақсаты, ГҚҚ шығаратын газдардың жылу энергиясын кәдеге жарату әдістері (БГҚ түрлері), қолданылатын бу турбиналарының түрлері және т.б. Ең алдымен, БГҚ екі негізгі сипаттамаға сәйкес жіктелуі керек: ГҚҚ газдарының жылу энергиясын пайдалану міндеті мен әдістері бойынша.

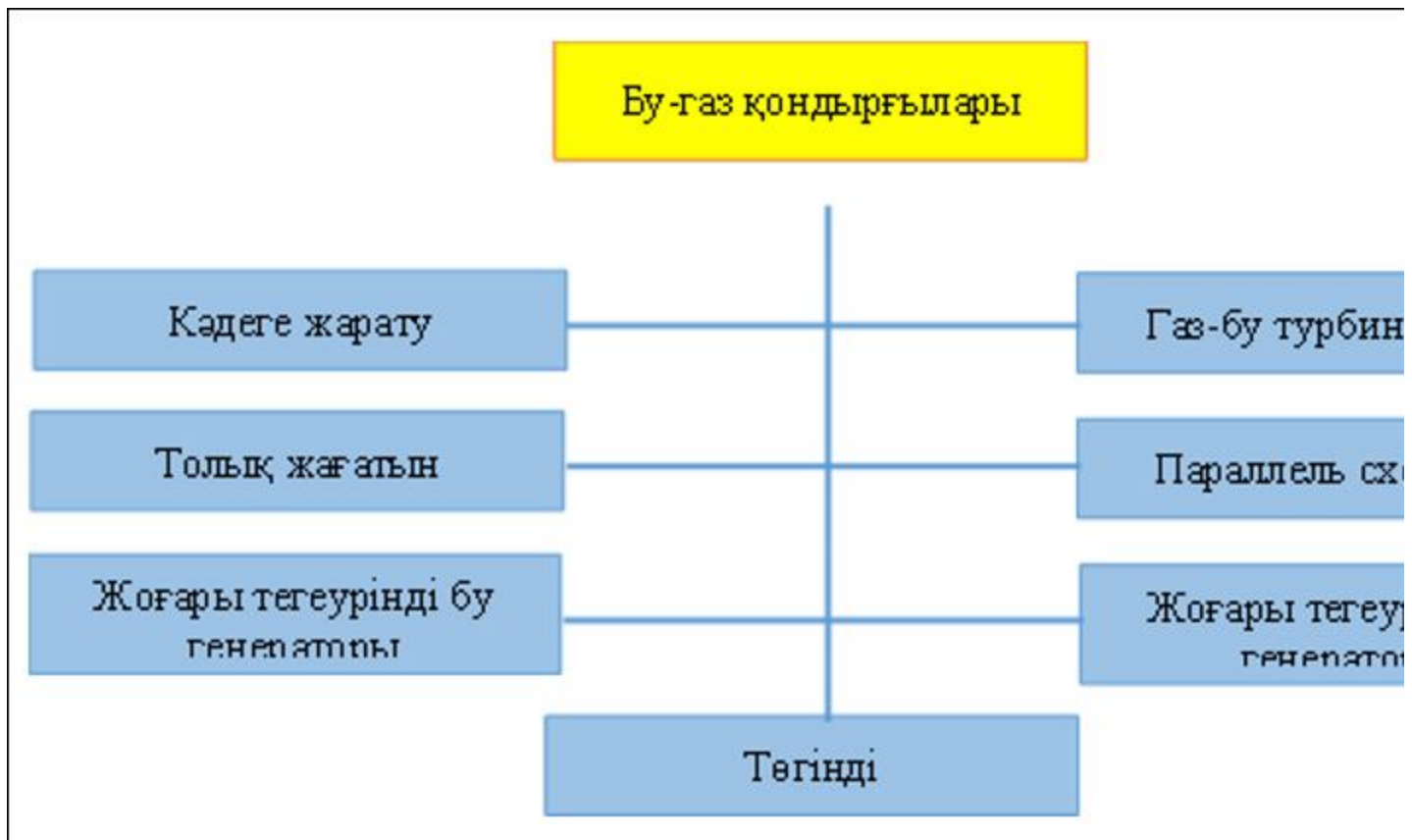
БГҚ міндеті бойынша жіктелуі 3.4.2-суретте көрсетілген. Шартты түрде БГҚ-ны конденсация (БГҚ КЭС) және жылу қондырғысы (БГҚ ЖЭО) деп бөлуге болады. БГҚ КЭС негізінен электр энергиясын өндіреді, станцияны, станция кентін және шағын жылу тұтынушыларын жылыту үшін аз мөлшерде 80 Гкал/сағ дейін жылу бере алады. БГҚ ЖЭО электр энергиясымен қатар жылуды босатады. Ыстық су түріндегі жылу кәдеге жарату қазандығынан (КҚ) берілетін жылу алмастырғыштардың көмегімен немесе бу турбинасын таңдау буымен қоректенетін желілік жылытқыштардың көмегімен алынады. Бу тұтынушылары болған кезде бу турбиналарды іріктеуден босатылады.



3.10-сурет. Бу-газ қондырғыларын мақсаты бойынша жіктеу

3.10-сурет. Бу-газ қондырғыларын мақсаты бойынша жіктеу

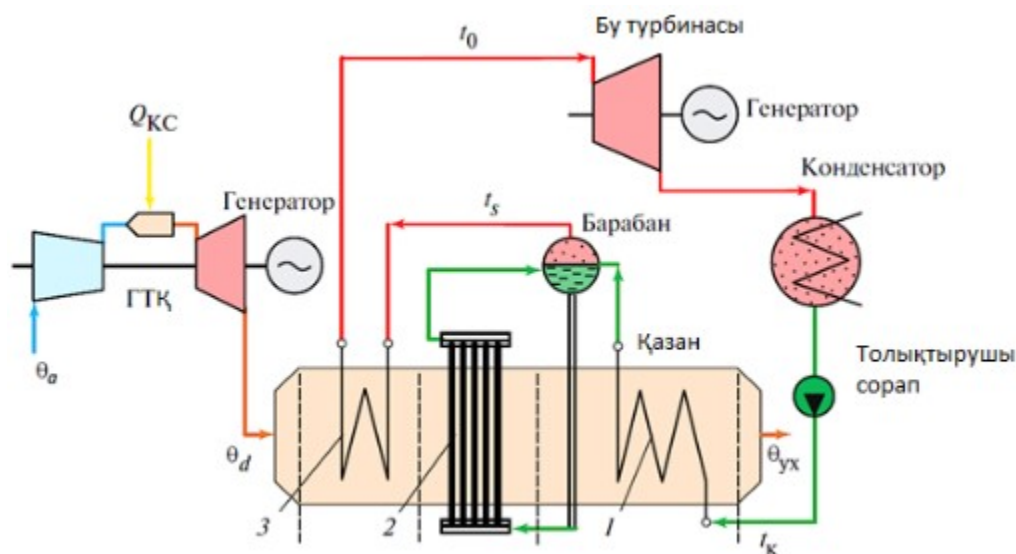
Бу-газ қондырғыларын ГТҚ-ның пайдаланылған газдарының жылу энергиясын кәдеге жарату тәсілдері бойынша жіктеу 3.11-суретте көрсетілген.



3.11-сурет. ГТҚ-ның пайдаланылған газдарының жылу энергиясын кәдеге жарату тәсілдері бойынша бу-газ қондырғыларын жіктеу

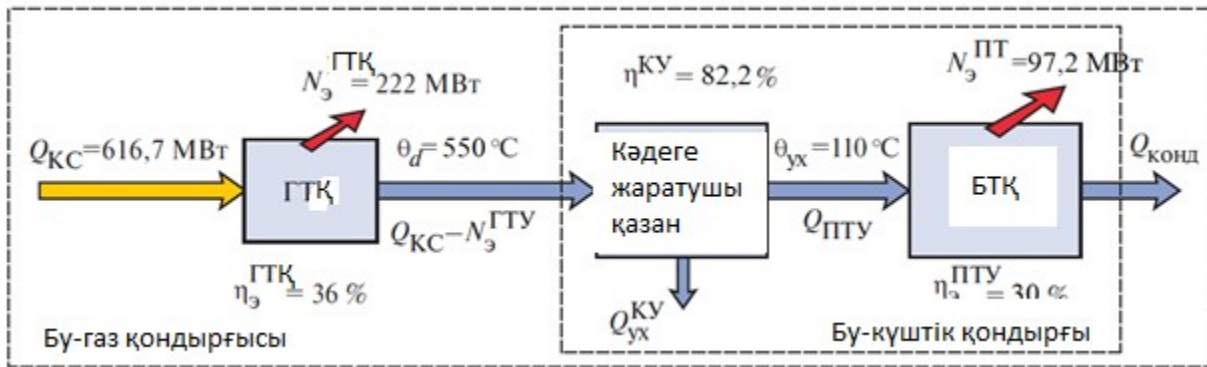
Ең көп таралған БГҚ кәдеге жарату қондырғылары, өйткені олар аралас циклдің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Кәдеге жарату қазандығындағы бу генерациясының тізбектерінің санына сәйкес БГҚ бір, екі және үш тізбекке бөлінеді.

3.12-суретте қарапайым бір тізбекті кәдеге жарату БГҚ КЭС жылу схемасы көрсетілген



3.12-сурет. Кәдеге жаратқыш қазандықта бу генерациялау процесі бар БГҚ КЭС қарапайым кәдеге жарату схемасы 1-экономайзер; 2-буландырғыш; 3-бу қыздырғыш

Қуаты 222 МВт газ турбины және шығатын газдардың температурасы 550 ыС болатын кәдеге жарату БГҚ үшін қуат ағындарының диаграммасы 3.13-суретте көрсетілген.



3.13-сурет. Кәдеге жаратушы БГҚ-да қуат ағындарының диаграммасы

Қуат ағындарының диаграммасына сүйене отырып, БГҚ ПӘК 51,8 % құрайды, формуланы қолдану кезінде осыған ұқсас нәтиже алынады (3.3.2).

Бір тізбекті БГҚ үнемділігі өте төмен, өйткені олар ГТҚ шығаратын газдардың жылу энергиясын толық кәдеге жаратуды қамтамасыз ете алмайды. Барабандағы оңтайлы қысым кезінде қазандықтың артындағы температура 160-200 аС құрайды, сондықтан қазандықтың тиімділігі тек 65-70 % құрайды. Алайда, бір контуры бар қазандықтарды жылу энергиясын өте көп мөлшерде қажетсінетін заманауи БГҚ -ЖЭО-да кездестіруге болады. Кейде бір контурлы БГҚ пайдалану БТҚ-ның ескірген бөліктерін блоктық емес ЖЭО-ға ауыстырған кезде орынды болады. Содан кейін бір контурлы кәдеге жарату қазандығын энергетикалық қазандықтармен бірге жалпы бу коллекторында жұмыс істеуге «мәжбүрлеуге» болады, ал кәдеге жарату қазандығының тиімділігін арттыру үшін желілік немесе қоректік су жылытқыштарын қолдануға болады.

Екі контурлы БГҚ ең көп таралған қондырғы. КҚ-дан газ шығарылатын жерлерде конденсаттың газ жылытқышы немесе желілік су жылытқышы орналастырылады. Конденсаттың газ жылытқышы бар ВД тізбегінен кейінгі екінші НД контурын орнату қазандықтан кейінгі шығатын газдардың температурасын 95-105 нС дейін төмендетуге және қазандықтың ПӘК 85-90 % деңгейіне дейін арттыруға мүмкіндік береді.

Үш контурлы БГҚ ГҚҚ пайдаланылған газдарының жылуын барынша кәдеге жаратуды қамтамасыз етеді және, әдетте, КҚ-да буды аралық қатты қыздырумен бірге пайдаланылады.

Бір контурлы БГҚ екі контурлы БГҚ-ға қарағанда ПӘК 3-4 %-ға аз, ал бдыу аралық қатты қыздыратын үш контурлы БГҚ-ға көшу екі контурлы БГҚ-ға қатысты тиімділікті 2-3 % арттырады.

Отын ретінде табиғи газды пайдаланатын жоғары температуралы газ турбиналық қондырғылар (ГТҚ) негізінде қуатты бу-газ қондырғыларын (БГҚ) салу әлемдегі энергетикалық қуаттарды арттырудағы басым үрдіске айналды. Бұл, ең алдымен, табиғи газ бен ГТҚ-ның салыстырмалы түрде құнының төмендігіне, жоғары

экологиялық тазалығына және үнемділігіне, электр станциясын салуға көп уақыт кетпейтініне байланысты.

Бүгінгі күні әлемде коммерциялық мақсатта пайдаланылып отырған ПӘК 57-58 % болатын қуаты 400-450 МВт жүздеген БГҚ бар. ПӘК 37-39 % және қуаты 250 - 300 МВт сенімді ГТҚ құрып, осындай жоғары көрсеткіштерге қол жеткізуге болады. Өз кезегінде, бұл арнайы қорытпалардан жасалған монокристалды турбиналық қалақшаларды дамыту, оларды салқындатудың тиімділігі жоғары жүйелерін құру, термобарьер жабындарын игеру, жоғары сығу дәрежесі бар тиімді компрессорларды, нашар гомогенді қоспаларды жағатын уыттылығы аз жану камераларын әзірлеу нәтижесінде іске асырылды. General Electric фирмасының H сериялы ГТҚ базасында ПӘК 60 %-дан асатын оннан астам БГҚ салынды. 9НА.01 және 9НА.02 қондырғыларының негізінде қуаты 600 және 800 МВт бір білікті БГҚ әзірленіп, енгізілді. Siemens фирмасы қуаты 450 МВт SGT5-8000h ГТҚ құрды, ПӘК 60 %-дан асатын қуаты 665 МВт БГҚ салды, 2020 жылы ПӘК 63 % қуаты 840 МВт БГҚ арналған қуаты 597 МВт SGT5-9000h іске қосты. PGU салды. Mitsubishi Heavy Industries (MHI) фирмасы газдардың бастапқы температурасы 1600 ыС қуаты 470 МВт ГТҚ құрды, оның негізінде қуаты 680 МВт ПӘК 61 % бір білікті БГҚ 2016 жылы болатын пайдалануға енгізді.

Ашық циклді газ турбиналарының тиімділігі шамамен 33 - 36 %-дан 41 - 44 %-ға дейін өзгертіндіктен, аралас циклдардың өнімділігі 60-63 %-ға жетуі мүмкін, ал жылу мен электр энергиясын аралас өндіретін станцияларда отынды пайдалану коэффициентінің мәні 90 %-ға дейін жетеді. Аталған өнімділік мәндері ISO жағдайында толық жүктеме кезінде жаңа, дұрыс қызмет көрсетілетін БГҚ-ға қолданылатындығын атап өткен жөн. Басқа жағдайларда мәндер айтарлықтай төмен болуы мүмкін.

### **3.5. Отынды газдандыратын қондырғылар**

Көмір - жанғыш массасы көміртекпен қаныққан қазба отын түрлерінің бірі. Жылу электр станцияларында (ЖЭС) көмірді жағу кезінде табиғи газды жағу процесіне қарағанда  $CO_2$  екі есе көп түзіледі. Әлемдік экономиканы көміртексіздендіруге байланысты  $CO_2$  шығарындыларын көп шығаратынына, қатты көміртегі бөлшектерінің, күкірт және азот оксидтерінің атмосфераға шығарындыларының рұқсат етілген деңгейінен асып кетуіне байланысты көмірді энергия ресурсы ретінде пайдаланудан шығару болжамданып отыр. Көмірді газдандыру атмосфераға шығарындыларды азайтуға және көмірді таяудағы және кейінгі перспективада энергетикалық отын ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

Газдандыру-отынды кейіннен пайдалануға арналған жанғыш газға ( $CO$ ,  $H_2$  қоспасы және т.б.) айналдыру мақсатында қатты отынды оттегімен, су буымен және басқа газдандырушы агенттермен өзара әрекеттесу арқылы өңдеудің термохимиялық процесі.

Газдандыру технологияларын әзірленген технологиялық жүйелер, газдандырылатын отын қозғалысының сипаты, үрлеу түрі, алынатын газдың жану жылуы және оның мақсаты, газдандырудың температурасы мен қысымы, сондай-ақ процесті әзірлеген компания және басқа параметрлер бойынша жіктеуге болады.

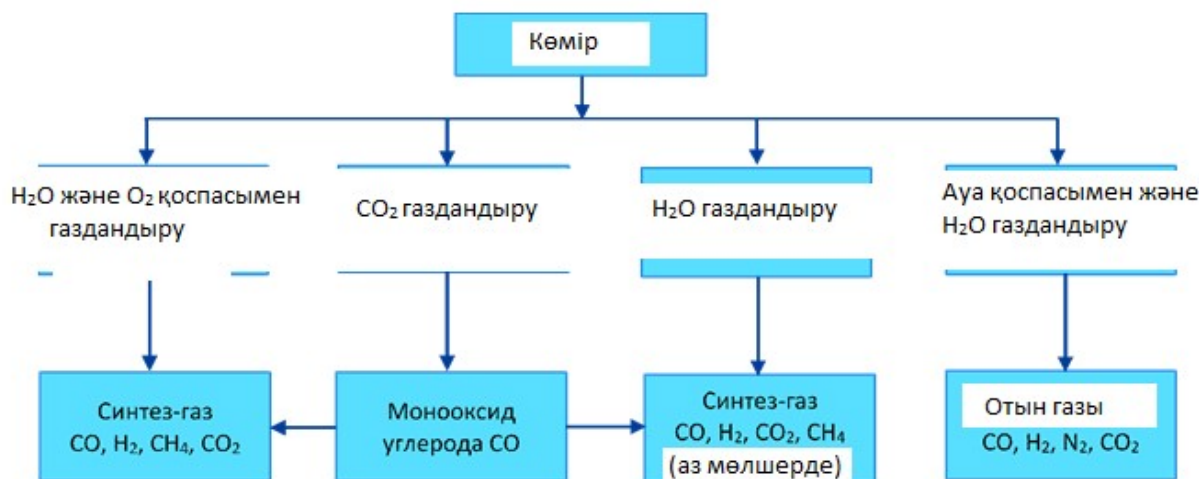
Газдандырылған отынның қозғалыс сипаты бойынша қатты отынды балқымада, тығыз қабатта, қайнаған қабатта және ағында газдандыру деп бөлінеді. Үрлеу түрі бойынша ауа, бу-ауа, оттегі, бу-оттегі, буды газдандыру деп бөлуге болады. Көмірқышқыл газы тотықтырғыш ретінде де әрекет ете алады. Алынған газдардың жану жылуы бойынша төмен  $4,2-6,7 \text{ МДж/М}^3$ , орташа  $6,7-18,8 \text{ МДж/М}^3$  және жоғары  $18,8$ -ден  $40 \text{ МДж/М}^3$ -ке дейін жану жылуы бар газдар деп бөлуге болады. Міндеті бойынша алынған газдар энергетикалық (тікелей жану үшін) және технологиялық (синтез, сутегі, техникалық көміртек өндірісі) болып бөлінеді. Газдандыру температурасы бойынша төмен температуралы ( $800$  ыС дейін), орташа температуралы ( $800-1300$  ыС) және жоғары температуралы ( $1300$  ыС жоғары), қысым бойынша - атмосфералық ( $0,1-0,13 \text{ МПа}$ ), орташа ( $2-3 \text{ МПа}$ ) және жоғары ( $3 \text{ МПа}$  жоғары) қысым деп бөлінеді.

Көмірді газдандырудың негізгі бағыттары тотықтырғышқа және газдандыру өнімдерінің құрамына байланысты 3.14-суретте көрсетілген.

Газдандыру процесі көбінесе қондырғыға жеткізілетін тотықтырғыштың түріне байланысты болады. Барлық сипаттамалардың әртүрлі комбинациясы (газдандыру және үрлеу түрі, қыздыру температурасы мен жылдамдығы, қысым, процестің кезеңділігі және т.б.) газдардың жану құрамы мен жылуымен, қондырғылардың өнімділігі мен үнемділігімен ерекшеленетін газдандырудың көптеген нақты әдістерін анықтайды. Газдандыру режимдері процестің мақсатына, бастапқы көмірдің сипаттамаларына байланысты өзгереді.

Ауа (немесе бу-ауа) газдандыру кезінде жану жылуы төмен ( $4-7 \text{ МДж/нМ}^3$ ) ауа (немесе жартылай су) газы түзілетінін атап өткен жөн. Оттекті (немесе бу оттекті) газдандыру кезінде ( $3 \text{ МПа}$  дейінгі қысыммен)  $10-16 \text{ МДж/нМ}^3$  орташа жану жылуы бар синтез-газ алынады. Жоғары жану жылуы бар газ (немесе табиғи газды алмастырғыш) жоғары қысыммен ( $10 \text{ МПа}$ -дан жоғары) көмірді оттекті (немесе бу оттекті) газдандыру нәтижесінде немесе синтез-газды өңдеу нәтижесінде алынады. Мұндай газдың жану жылуы  $20-40 \text{ МДж/нМ}^3$  құрайды.





3.14-сурет. Көмірді газдандыру тәсілдері

Қатты отынды газдандырудың негізгі пысықталған технологиялық схемалары: ағында - Техасо, Shell, Prenflo, Destec, ABB CE әдісі бойынша; қайнаған қабатта - Винклер әдісі бойынша, U-gas, KRW, Westinghouse Corporation; тығыз қабатта - BritishGas/Lurgi әдісі бойынша; балқымада тәжірибелік және пилоттық ауқымда - Molten Salt, Pat Gas, Mak-shutte-KHD, Sumitomo, Gumboltprocess, AT-Gas, Klok-nerp бойынша. Бұл әдістердің ішінде ағын мен қайнаған қабаттағы газдандыру әдістері ең перспективалы болып саналады. Әр түрлі газдандырғыштардың жұмысы кезінде алынған газдың тән құрамы 3.3-кестеде келтірілген.

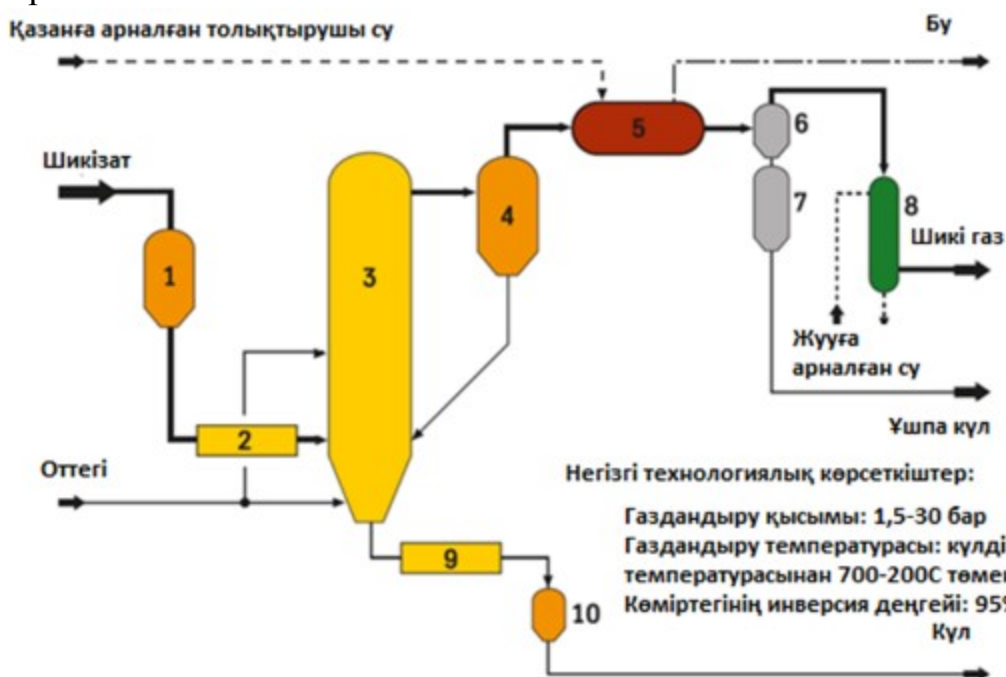
3.3-кесте. Газдың тән құрамы (жалпы үлесі,%)

P/c №	Газ компоненті	Lurgi (тығыз қабат)	Winkler (қайнаған қабат)	Koppers-Totzek (ағындық)	Shell (ағындық)	Texasco (ағындық)
1	2	3	4	5	6	7
1	H <sub>2</sub>	37-39	35-46	31	29-30	35
2	CO	20-23	30-40	58	65-70	42-50
3	CH <sub>4</sub>	10-12	1-2	0,1	0,1	0,1
4	CO <sub>2</sub>	27-30	13-25	10	2-4	13-18

Қайнаған қабаты бар аппараттарда көмірді газдандыру температура мәндерінде, күлдің балқу температурасынан төмен мәндерде, сондай-ақ жылу және масса алмасу үшін қолайлы жағдайларда (қабаттың биіктігі бойынша тұрақты температурада) жүреді. Процесс температурасының салыстырмалы түрде төмен мәні азот оксидтерінің шығарындыларын азайтуға мүмкіндік береді, сонымен қатар әктасты (немесе доломитті) қосу арқылы күкірттің оңтайлы байланысуына ықпал етеді. Қайнаған қабаты бар қондырғылар құрғақ күлді жоюды жүзеге асырады. Қайнаған қабаты бар газдандырғыштардың келесі түрлері бар: көпіршікті, кеңейетін және айналатын қайнаған қабаты бар. Қайнаған қабаты бар газдандырғыштар ауалы, сол сияқты оттекті газүрлеумен жұмыс істей алады. Газүрлеуді таңдау негізінен реакторға отын дайындау мен беру әдісіне байланысты. Отын ретінде су көмір суспензиясын пайдаланған кезде



газдандыруды оттегі үрлегішінде жүргізеді. Егер отын реакторға құрғақ жолмен енгізілсе, онда ауаны немесе бу-оттегі қоспасын газдандыру агенттері ретінде пайдаланады. Қазіргі уақытта әлемде қысыммен қайнаған қабатта (ҚҚҚ) және айналымдағы қысыммен қайнаған қабатта (АҚҚҚ) көмірді газдандырудың мынадай технологиялары құрылды: Винклердің жоғары температуралы процесі (БГҚ Ковг жобасы); U-Gas (БГҚ Toms Creek жобасы); KRW (БГҚ Pinon Pine жобасы). Винклер бойынша жоғары температуралы газдандырудың технологиялық схемасы 3.15-суретте көрсетілген.



1-Тиеу бункері; 2-Тиеу шнегі; 3-Винклер бойынша жоғары температуралы газогенератор; 4-Циклондық сепаратор; 5-Кәдеге жаратушы қазандық; 6-Сүзгі; 7-Құйғыш-ысырма; 8-Шаңнан ылғалдап тазарту; 9-Салқындататын шнек; 10 - Құйғыш-ысырма жүйесі;

3.15-сурет. Винклер бойынша жоғары температуралы газдандырудың технологиялық схемасы

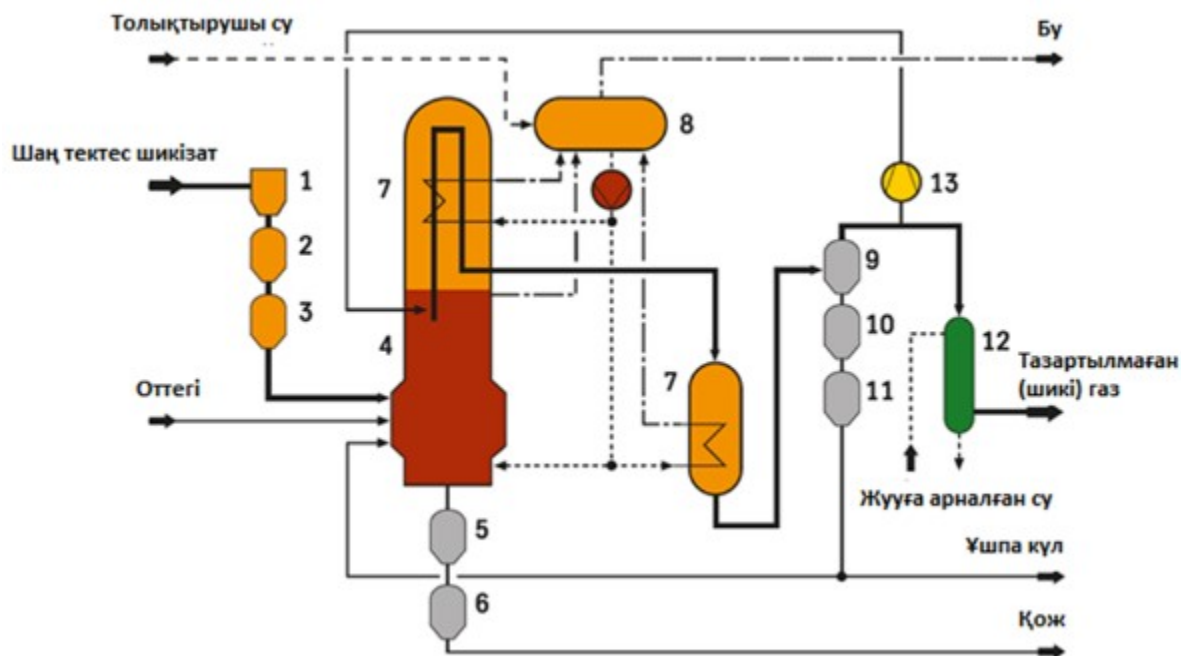
Қатты отынмен жұмыс істейтін БГҚ-ға арналған ҚҚҚ және АҚҚҚ-дағы көмірді циклішілік газдандыру технологияларының сөзсіз артықшылықтарына қарамастан, олар аса күрделі және схемаларының жекелеген элементтері пысықтауды талап ететінін атап өткен жөн. Бұл сонымен қатар белгілі бір технологияны құру кезінде отынның сапасын (күл, ұшпа шығу, күкірт мөлшері) ескеру қажеттілігіне қатысты.

Ағынды газдандырғыштар төмен және жоғары ағынмен орындалады. Шаң тәрізді бөлшектерді газдандыру процесінің жоғары температура мәні (1400 - 2000 іС) және жұмыс қысымы (3-5 МПа дейін) оттегі немесе бу оттегін қолданумен бірге (әсіресе төмен реактивті отын түрлері үшін) басқа аппараттармен салыстырғанда реакция көлемінің ең жоғары өнімділігін қамтамасыз етеді. Газдандыру процесінде алынған газдарда шайыр мен фенол болмайды. Жоғары температураға байланысты газ

генераторында күкіртті байланыстыру мүмкіндігінің болмауы алынған газдардың аз мөлшерін терең тазарту арқылы өтеледі. Texaco, Shell, Prenflo, GSP, Combustion Engineering және Dow әдістері бойынша көмірді ағындық газдандыру ең танымал процесс.

Shell әдісі бойынша ағындағы отынды газдандыру былайша жүргізіледі. Бөлшектердің мөлшері 100 мкм-ден (90 %) кем тозаң тәріздес құрғақ көмір 1450 - 1750 -С температурада және 3,1 МПа қысымда ағында газдандырылады. Көмірді құрғақ беру процестің жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді. Ағын бу қосылған оттекті газүрлеуді қолданатын бір-біріне қарама-қарсы орналасқан оттықтармен жасалады. Оттекті газүрлеуді (95 % тазалық) пайдалану және реагенттерді (көмір, қыздырылған оттегі және бу) қарқынды араластыру жоғары температуралы турбулентті масса алмасу үшін қолайлы жағдайлар жасайды, бұл реакторда аз уақыт ішінде реакциялардың жоғары жылдамдығын және отынның конверсия дәрежесін қамтамасыз етеді. Алынған синтез-газ негізінен  $H_2$ ,  $CO$  және  $CO_2$ , сондай-ақ метанның іздерінен тұрады және құрамында жоғары көмірсутектер жоқ. Газдандырғыштың реакциялық аймағының қабырғалары орташа қысым буы пайда болатын мембраналық радиациялық беттермен қорғалған. Сұйық күйдегі қож мембраналық беттер арқылы реактордың төменгі бөлігіне ағып, су ваннасында салқындатылады. Шикі синтез газы мен ұшпа күл шамамен 1400-1700 нС температурада газдандырғыштан шығарылады.

«Prenflo» көмірін газдандыру процесін Krupp Koppers фирмасы әзірледі. Ол Koppers-Totzek өнеркәсіптік процесін жетілдіруге негізделген және ЖЭС БГҚ-да қолдануға арналған. Көміртегі конверсиясының жоғары деңгейімен 2,5 МПа қысыммен газдандырылған көмір шикізат ретінде қолданылады. PRENFLOы PSG технологиясының технологиялық схемасы 3.16-суретте көрсетілген.



1.- Циклон сүзгісі; 2.- Құйғыш-бекітпе; 3.- Тиеуші бункер 4.- Газ генераторы; 5.- Қождың уатқышы / коллекторы; 6.- Қожға арналған құйғыш-бекітпе; 7.- Кәдеге жаратушы қазан; 8.- Бу жинағыш; 9.- Сүзгі; 10.- Құйғыш-ұшатын күлдің бекітпесі; 11.- Ұшатын күлге арналған тиеуші бункер; 12.- Скруббер; 13.- Шыңдалған газ компрессоры.

### 3.16-сурет. PRENFLOт PSG технологиясының технологиялық схемасы

Газдандыру әдістерінің сипаттамасы және газдандырудың негізгі әдістері 3.4-кестеде келтірілген.

### 3.4-кесте. Газдандыру тәсілдерінің сипаттамасы және газдандырудың негізгі технологиялары

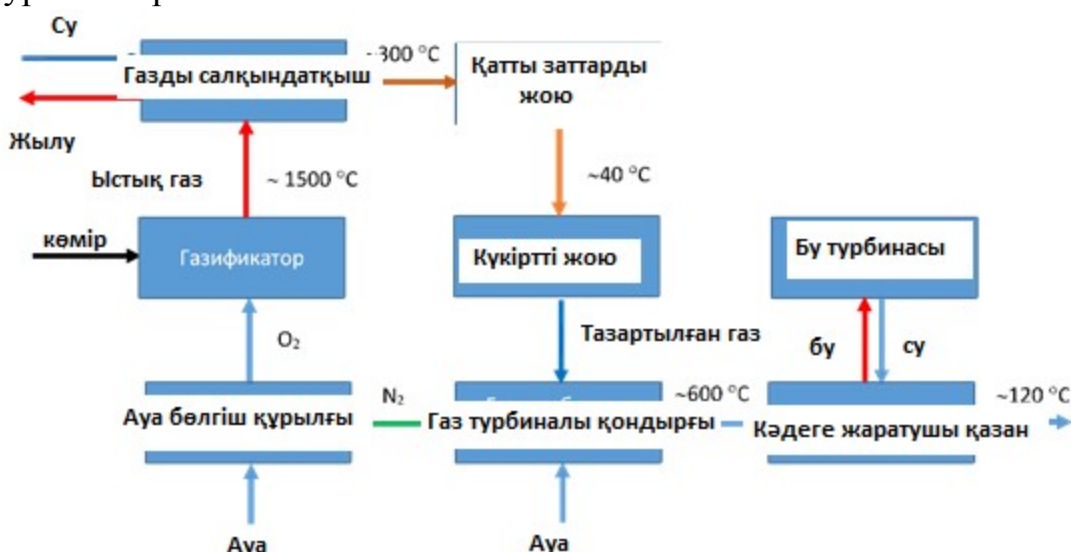
Р/с №	Тәсіл	Бірлік қуаты МВт	Бөлшектердің мөлшері, мм	Үрлеу түрі	Газдың калориялығы, МДж/Нм <sup>3</sup>	Газдағы шайыр құрамы, мг/Нм <sup>3</sup>	Артықшылықтары	Кемшіліктері	Типтік қолдану	Типтік өкілдері
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Тікелей (кері ағынды)	0,03 - 10,0	10 - 300	ауа	4,2 - 5,0	35 000	Техникалық қарапайымдылық, отын ылғалдылығына төмен сезімталдық, жүктеме ауқымы 15-100 %	Шайырдың жоғары мөлшері, газдың жоғары шаңдылығы, жиі : шайыр шөгінділеріне байланысты төмен дайындық	Жылыту сапасындағы газдарды алу - тұрмыстық немесе өнеркәсіптік пештерді жылыту үшін	Volund, Babcock and Wilcox; Wartsila, Lurgi, BGL
2	Кері (тік ағынды)	0,003 - 1,5	10 - 40	ауа ауа/ бу	4,5 - 5,2	500 - 1000	Газдың салыстырмалы тазалығы, нашар отынмен жұмыс істеу мүмкіндігі	Шағын бірлік қуаты, жоғары үлестік пайдалану шығындары	Газ-поршеньдік немесе газ-дизельдік цикл бойынша ІЖҚ-мен бірге	Ankur, Imbert, IISc, Bioneer
3	ҚҚС	0,3 - 3,0	10 - 20	ауа ауа/ бу оттегі / бу	4,5-7,1 4,2-6,2 5,5-13	13 000	Процестің жоғары қарқындылығы (700-800 кг/м <sup>2</sup> /сағ дейін), күкіртті қабатқа байланыстыру мүмкіндігі, төмен сұрыпты отындар үшін қолданылуы; АҚҚ үшін ұнтақтау сапасына қойылатын талаптар аз	Беткі қабаттардың абразивті тозуы, саңылаулар мен аралық кеңістіктердің шөгуі, өз қажеттіліктеріне үлкен энергия шығыны, ұзақ іске қосу	Жылыту сапасындағы газдарды алу	Renugas, BIOSYN, Metso, U-Gas
4	АҚҚ	1,0 - 35,0	1 - 10	ауа ауа/ бу оттегі / бу	4,5-7,1 4,2-6,2 5,5-13	13 500	АҚҚ үшін ұнтақтау сапасына қойылатын талаптар аз	Кеңістіктердің шөгуі, өз қажеттіліктеріне үлкен энергия шығыны, ұзақ іске қосу	Газды жеткілікті тазалау кезінде БГҚ-да пайдалану мүмкіндігі	Studsvik, Pyroflow, U-Gas, Lurgi, HTW
5	Ағында	10 - 300	1-ден кем	оттегі / бу ауа/ бу	10,1 - 10,7 10,1 - 10,7	5-тен кем	Стнтез-газдың жоғары тазалығы	Үлкен өлшемдер, жоғары құны	Аммиак және ССО өндірісі, ЦІГ бар БГҚ	Shell, Texaco, Carbo-V, Prenflo, E-Gas

Қатты отынды газдандыру тұжырымдамасы газдандыру және газды тазарту процестерін энергетикалық циклге ұтымды қосуды көздейді, онда газдандыру және газды тазарту жүйесіндегі артық қысым, сондай-ақ газдандыру процесі үшін ауа аралас БГҚ ауа компрессорларынан қамтамасыз етіледі, газдандыру процесі үшін бу қондырғының бу турбиналарын таңдаудан келеді, физикалық жылу және алынған газдың артық қысымы пайдалы қуат алу үшін энергетикалық циклде барынша пайдаланылады. Осылайша, бу-газ және газ шығаратын қондырғылар біртұтас кешен болып табылады.

Энергетика үшін жаңа экологиялық таза және тиімді технологияларды, соның ішінде ЦІГ бар БГҚ-ны, қайнаған немесе айналымдағы қабатта қысыммен қатты отынды тікелей жағатын қондырғыларды қолдану Қазақстанның жағдайы үшін газдың шектеулі қоры мен көмірдің үлкен қоры кезінде аса маңызды рөл атқарады.

Қатты отынды газдандыру қатты жанғыш қазбаларды жағуға ыңғайлы «таза отынға» - жанғыш газдарға, сондай-ақ қажетті химиялық шикізатқа-сутегі мен көміртегі оксиді бар сутегі қоспасына ауыстыру міндеттерін атқарады Газдандыру технологиясының айрықша ерекшелігі отынның жану өнімдерінде зиянды шығарындылардың (күкірт және азот оксидтерінің) пайда болуын болғызбау мүмкіндігі болып табылады. Бұл мүмкіндіктің салдары газ шығаратын қондырғыда таза күкірт немесе күкірт қышқылы, минералды тыңайтқыштар немесе құрылыс материалдары, сарқынды суларды тазартуға арналған катализаторлар, сирек кездесетін металл концентраттары және т. б. сияқты қосымша өнімдер алу мүмкіндігі болды.

АҚШ, Германия, Жапония, Қытай, Ресей және басқа елдерде циклішілік газдандырумен (ЦІГ) БГҚ деп аталатын бу-газ және газ генерациялайтын қондырғылардың симбиозы негізінде отынды экологиялық таза пайдалану бойынша бағдарламалар әзірленді. ЦІГ бар БГҚ цикліндегі процестердің блок-схемасы 3.17-суретте көрсетілген.



3.17-сурет. ЦІГ бар БГҚ цикліндегі процестердің блок-схемасы

Қазіргі уақытта ЦГ-мен 20-дан астам БГҚ жұмыс тәжірибесі жинақталған. Олардың барлығы тәжірибелік пайдалану кезеңінен өтті және бірқатар энергия блоктары коммерциялық пайдалануға берілді. Дегенмен, оларда күрделі проблемалар бар. Біріншісі - жоғары күрделі шығындар; екіншісі сенімділік мәселелерімен байланысты. Мұндай қондырғылардың сенімділік коэффициенті көмірді жағудың дәстүрлі технологияларына негізделген энергия блоктарына қарағанда аз. ПӘК әлі жоғары емес (ЦГ бар БГҚ объектілерінің көпшілігінде пайдалану кезінде циклдің нетто-ПӘК 40 % деңгейінде болады). Қазіргі «классикалық» типтегі БГҚ-да тиімділік 55 % және одан жоғары деңгейде. Бірақ технологиялар үнемі дамып келеді және ЦГ бар БГҚ -ның сенімділігі мен ПӘК арттыру мәселелері шешілуде. Болашақта 2030 жылға қарай ЦГ бар БГҚ-да 55- 60 % ПӘК алу жоспарлануда.

### 3.5-кесте. ЦГ бар кейбір БГҚ туралы мәліметтер

Р/с №	Станция атауы	Мемлекет	Іске қосу жылы	ГТҚ моделі	ГТҚ қуаты, МВт	ГТҚ саны	Отын (жану жылуы, МДж/Нм <sup>3</sup> )	ЖЭС қуаты, МВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Buggenum	Нидерланды	1994	Siemens V94.2	156	1	СГ	284/253
2	Wabash River	АҚШ	1995	GE 7FA	192	1	СГ	297/262
3	Tampa Polk	АҚШ	1996	GE 7FA	192	1	СГ	282/250
4	Pinon Pine	АҚШ	1996	GE 6FA	76	1	СГ	104/100
5	Vresova	Чехия	1996	GE 9E	123	2	СГ	385/350
6	Pernis	Нидерланды	1997	GE 6B	55	2	СГ	155
7	Puertollano	Испания	1998	Siemens V94.3	182	1	СГ	335/310
8	ISAB Energy	Италия	1999	Siemens V94.2	166	2	СГ	563/521
9	SARLUX	Италия	2000	GE MS9001E	136	3	СГ	561/452
10	Negishi	Жапония	2003	M701F	270	1	СГ	433/348
11	Sulcis	Италия	2005	Siemens V94.2	173	2	СГ	585/471
12	Nakoso	Жапония	2007	M701DA	142	1	СГ	250/220
13	GreenGen Huaneng)	Қытай	2012	Siemens AG SGT5- 2000E	160	1	СГ	265/250
14	Edwardsport	АҚШ	2013	GE 7FB	135	2	СГ	630/618
15	Kemper County	АҚШ	2014	SGT6- 5000F	111	2	СГ	582/550
16	Taeon	Оңтүстік Корея	2015	GE 7FA	235	1	СГ	380/305

Техасо технологиясы бойынша ағындағы отынды газдандырудың үлкен бірлікті электр қуатын (250 МВт) орнатудың технологиялық схемасы төмендегі суретте көрсетілген және Polk, Mulberry (Флорида, АҚШ) ЖЭС-тегі Tampa Electric БГҚ жобасы шеңберінде іске асырылған. Қондырғының негізі - 1320- 1430 -С температурада, қысымы-3-тен 4

МПа дейін, арнайы оттегі қондырғысы шығаратын оттекті газүрлеумен (95 % тазалық) жұмыс істейтін ағынды газдандырғыш.

Tampa Electric БГҚ электр қуаты 313 МВт (брутто) құрады, оның ішінде ГТҚ (GE MS 7001 FA) - 192 МВт, БТҚ - 121 МВт, электр қуаты (нетто) - 250 МВт, өз қажеттіліктері - 63 МВт, процестің ПӘК-шамамен 38-42 %. Көмір өнімділігі-тәулігіне 2200 т. Қондырғыны іске қосу 1996 жылғы қыркүйекте жүзеге асырылды, кейіннен демонстрациялық пайдаланумен 2001 жылдың соңына дейін 18 мыңнан астам сағат жұмыс істеді.  $\text{NO}_x$  шығарындылары 116 мг/МДж-ден аз,  $\text{SO}_2$  64 мг/МДж-ден аз болды.

«Destec» (E-Gas) технологиясы бойынша ағындағы отынды газдандыру қондырғысының негізіне арнайы оттегі қондырғысы өндіретін, 1371 нС температурада, 2,75 МПа қысымда (95 % тазалықта) оттекті газүрлеумен жұмыс істейтін сұйық қожды жоюы бар екі кезеңді ағынды газдандырғыш салынған. Қондырғы West TerreHaute (Индиана, АҚШ) қаласындағы Wabash River ЖЭС-те Wabash River БГҚ жобасы шеңберінде салынған. Wabash River БГҚ электр қуаты 296 МВт (брутто) құрады, оның ішінде ГТУ (GE MS 7001 FA) - 192 МВт, ПТУ - 104 МВт, қуаты (нетто) - 262 МВт, өз мұқтаждықтары үшін - 34 МВт, процестің ПӘК-көмірде 39,7 % және мұнай коксында 40,2 %. Көмір өнімділігі-тәулігіне 2544 т. Қондырғыны іске қосу 1995 жылғы қарашада жүзеге асырылып, кейіннен 1999 жылдың соңына дейін демонстрациялық пайдаланыла бастады. 15 мыңнан астам жұмыс сағаты жинақталды.  $\text{NO}_x$  шығарындылары 64 мг/МДж,  $\text{жO}_2$  - 43 мг/МДж кем болды. Күкіртті байланыстыру 97 %-дан асты.

Prenflo әдісі бойынша ағындағы көмірді газдандырудың ірі жобаларының бірі-Пуэртольяно қаласында (Испания) жүзеге асырылған БГҚ жобасы. БГҚ электр қуаты 335 МВт (310 МВт нетто) құрайды, оның ішінде ГТҚ - 182 МВт (Siemens V94.3), БТҚ - 145 МВт, пәк (нетто) - 42 %. Отын ретінде мұнай коксы бар көмір қоспасы қолданылады. Отын бойынша газ генераторының өнімділігі-тәулігіне 2600 т. Оттекті газүрлеу қолданылады (85 % таза). Өндірілген тазартылмаған газ газдандырғыштың шығысында тазартылған қыздырылған газбен сұйылтылады, содан кейін кәдеге жарату қазандығының жоғары және орташа қысымды жылу алмастырғыштарында шамамен 235 нС дейін салқындатылады. Тазартылған синтез-газдың құрамында 80 % - дан астам  $\text{H}_2 + \text{CO}$  бар және жану жылуы шамамен 10 МДж/м<sup>3</sup> төмен. Зиянды заттардың шығарындылары  $\text{SO}_2$  бойынша - 25 мг/нм<sup>3</sup> кем,  $\text{NO}_x$  бойынша - 150 мг/нм<sup>3</sup> кем құрайды.

ЦІГ - мен соңғы БТҚ-да - Edwardsport (2013 ж., GE газ генераторы, N = 630 МВт) 43 % тиімділікке қол жеткізілді. Kemper County IGCC N = 582 МВт жобасында (2014 ж.табиғи газбен іске қосылды, 2016 ж. 15 шілдеде бірінші газ генераторын пайдалану басталды, 2016 ж. 19 қыркүйекте екінші газ генераторы пайдалануға берілді; барлық негізгі кіші жүйелердің жұмысын ретке келтіргеннен кейін синтез-газда станцияны

коммерциялық пайдалану жүзеге асырылады) TRIG газ генераторы қолданылды және нетто пәк 44 %-дан астам қол жеткізілді.

Кешенді газдандырудың аралас циклі (IGCC) газдандыруды газды тазарту, газ синтезін конверсиялау және таза және қол жетімді энергияны өндіруге арналған турбиналардың көмегімен энергия өндіру технологиясымен біріктіреді. Энергияны конверсиялау процестерінің бұл интеграциясы энергия көздерін неғұрлым толық кәдеге жаратуға мүмкіндік береді және тиімділік пен ультра төмен ластанудың жоғары деңгейлерін ұсынады. Сонымен қатар, IGCC кез-келген көміртегі шикізатын электр энергиясы, бу, сутегі және химиялық қосылған құн өнімдеріне айналдыра алады. Түрлі техникалық комбинациялар салаға энергияны конверсиялаудың тиімділігі жоғары нұсқаларында арзан әрі оңай қол жетімді ресурстар мен қалдықтарды пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл параметрлерді бірқатар қосымшаларды ескере отырып таңдауға болады.

Кешенді газдандырудың аралас циклі (IGCC) қазіргі уақытта бірнеше итальяндық аффинаж зауыттарында жылу мен электр энергиясын өндіру үшін крекинг және CO процесі үшін жанама өнімдер мен қалдықтарды құнды сутекке айналдыру үшін қолданылады (зауыттарға арналған BREF аясында). Испанияда, Нидерландыда және Чехияда жұмыс істейтін үш IGCC қондырғысы кокс пен биомассаны ұлттық электр желісіне электр энергиясына айналдырады. IGCC басқа қондырғылары бүкіл әлемде жұмыс істейді.

### **3.6. Жүктеме факторлары мен режимдердің экологиялық көрсеткіштерге әсері**

Қазандық оттықтарына отын жағу қазандық кең ауқымды жүктемемен сенімді әрі үнемді жұмыс істеп қана қоймай, белгіленген экологиялық нормаларды сақтай отырып жұмыс істейтіндей деңгейде ұйымдастырылуы тиіс.

Отынды жағу кезінде қазандықтардың оттықтарында азот оксидтерінің пайда болуы жоғары температурада ауа азотының тотығуы (азоттың ауа оксидтері), ал қатты отынды жағу кезінде отынның құрамына кіретін азот бар қосылыстардың ыдырауы мен тотығуы (азоттың отын оксидтері) нәтижесінде пайда болады. Зерттеулер көрсеткендей, көмірмен жұмыс істеу кезінде азот оксидтерінің пайда болу процесінде негізгі рөлдердің бірі отын азот оксидтері деп аталады. Сондықтан Зелдович механизмі (азоттың ауа оксидтерін қалыптастыру механизмі) көміртозаңды қазандықтардағы азот оксидтерінің шығарындыларын азайту мәселесін дұрыс шеше алмады.

Зерттеулер көрсеткендей, ауадағы 1,2 артық коэффициенті бар ауадағы көмір шаңын жағу кезінде, тас көмірдегі азоттың шамамен 20-25 % және қоңыр көмірдің құрамына кіретін азоттың 16-20 %  $\text{NO}_x$  айналады. Тиісінше, отын азотының 75-85 %-ы  $\text{N}_2$  түрінде жану өнімдеріне айналады. Алынған нәтижелер қазандықтардың  $\text{NO}_x$  шығарындыларын едәуір азайтуға кең мүмкіндіктер ашатын сияқты, өйткені жанарғылар мен пештің басқа элементтерінің конструкциясындағы өзгерістер көмір шаңының қарастырылған параметрлеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Алайда,  $\text{NO}_x$

түзілуін төмендететін техникалық шешімдердің көпшілігінің жану процесін нашарлатуы және керісінше - отынның жануын жақсартатын барлық іс-шаралардың бір мезгілде NO<sub>x</sub> шығуының өсуіне әкелуі (3.6-кесте) - азот оксидтерін басу әдістерін қолданудағы қиындық болды.

3.6-кесте. Техникалық шешімдер мен жұмыс режимдерінің NO<sub>x</sub> шығарындылар деңгейіне және толық жанбаған отынға әсері

P/ с №	Жану процесінің параметрі	Әсері	
		NO <sub>x</sub> шығу деңгейіне	Отынның толық жанбауы
1	2	3	4
1	Артық ауаны азайту	Төмендетеді	Арттырады
2	Ауа температурасының жоғарылауы	Арттырады	Азайтады
3	Пештің жүктемесін азайту	Төмендетеді	Арттырады
4	Көмір шаңын газбен немесе мазутпен бір мезгілде жағу	Төмендетеді	Арттырады
5	Бастапқы жану аймағында стехиометриялық қатынасты азайту	Төмендетеді	Арттырады
6	Отынды сатылап енгізу (немесе оны жанарғылар арасында қайта бөлу)	Төмендетеді	Арттырады
7	От жағу экрандарының жылу қабылдауын төмендету	Арттырады	Азайтады
8	Түтін газының қайта айналымы	Төмендетеді	Арттырады
9	Жанармайдың ауамен араласуын жақсарту	Арттырады	Азайтады
10	Жану аймағына бу бүрку	Төмендетеді	Арттырады
11	Ауаны сатылы енгізу	Төмендетеді	Арттырады

Ұзақ іздеулер мен үлкен көлемдегі өнеркәсіптік сынақтар көмірдің көпшілігіне арнап жану процесін айтарлықтай нашарлатпай NO<sub>x</sub> түзілуін төмендететін техникалық және режимдік шешімдерді табуға мүмкіндік берді. Режимдік факторлардың есебінен жану процесін оңтайландыру кезінде NO<sub>x</sub> шығарындылары 10-40 %-ға төмендеуі мүмкін (үлкен сан табиғи газды немесе жоғары реактивті тас көмірді жағатын қазандықтарға жатады). Реакциясы төмен және күл-қожы көп отын пайдаланылатын жағдайда, от жағу камерасына тиісті реконструкция жасамай уытылығы аз жағуды енгізу экрандардың қождануына немесе отынның толық жанбауына байланысты шығынның артуына әкелуі мүмкін.



Тікелей үрлеу арқылы шаң дайындау жүйелерінің жұмысын оңтайландыру азот оксидтерінің шығарындыларын 15-20 %-ға азайтуға мүмкіндік береді. Қарағанды ЖЭО-3 БКЗ-420-140/5 қазандығында қосылған диірмендердің саны әртүрлі, бірақ жүктемесі бірдей жағдайда салыстырмалы тәжірибелер жүргізілді. 5-8 жанарғылар үшін диірмендердің біреуі өшірілгенде (қазандық жүктемесін сақтай отырып) артық ауа шамамен 1-ге дейін азайды. Артық ауа коэффициентінің төмендеуімен отынның 2/3 жануы азот оксиді концентрациясының шамамен 15 % төмендеуіне әкелді.

Красноярск ЖЭО-1-дің ПК-10Ш қайта жаңартылған қазандығында Ирша-Бородино көмірін жағу кезінде жүргізілген тәжірибелерде, барлық сегіз жанарғылар арқылы ауа-отын қоспасы берілетін режиммен салыстырғанда, төрт балғалы диірмендердің біреуін өшіру және екі жұмыс істемейтін жанарғылар арқылы беру қайталама ауаның есептелген ағынында 50 % азот оксидтерінің концентрациясын 20 % төмендететіні анықталды. Бұл ретте жанарғылардың тангенциалдық жинақталуы төрт диірменнің жұмысы кезіндегі режиммен салыстырғанда үш диірменнің жұмысы кезінде шығатын жанармай құрамының шамалы жоғарылауын қамтамасыз етеді.

Газ - мазут отынын жағу кезінде пайда болған  $\text{NO}_x$  негізінен термиялық азот оксидтері болғандықтан, әдетте, оттық ішіндегі шаралар жергілікті температура мен артық ауаны азайтуға бағытталған.

Отынды жағу үшін берілетін артық ауаны азайту, термиялық, сол сияқты отындық  $\text{NO}_x$  түзілуін азайтады.

Бұл әдістің артықшылығы - қосымша күрделі шығындардың болмауы, бірақ ауаның шамадан тыс көп болуы жанудың химиялық толық жанбауына, ал кейбір жағдайларда канцерогенді заттардың пайда болуына әкеледі. Сондықтан азот оксидтерін басудың осы әдісін іс жүзінде жүзеге асыру белгілі бір жұмыс мәдениетін және жану процесін автоматтандырудың заманауи жүйесінің болуын талап етеді.

Азот оксидтерінің түзілуіне артық ауаның әсері газ-мазутты қазандықтар үшін  $n_{\text{max}} = 1,15-1,25$  және көміртозанды қазандықтары үшін  $n_{\text{max}} = 1,4-1,5$  кезінде максимуммен жанарғы құрылғылардың конструкциясына және жағу камерасының жай-күйіне байланысты экстремалды тәуелділікпен сипатталады. Сонымен қатар, түтін газдарындағы  $\text{NO}_x$  максималды мөлшері артық ауа коэффициентінің мәніне сәйкес келеді, бұл жағдайда отын толық жағылады.

Артық ауаның  $n_{\text{раб}} = b_{\text{кр}} + 0,02-0,04$  мәндеріне дейін төмендеуі нәтижесінде азот оксидтері шығарындыларының 10-30 %-ға азаюы байқалады. Бұл ретте қандай да бір қосымша күрделі және пайдалану шығындары талап етілмейді, ал оны енгізуге арналған барлық шығыстар қазандықтың режимдік-баптау сынақтарының құнына жинақталады.

Азот оксидтерінің шығарындыларын азайтудың одан да үлкен әсері, тәжірибелер көрсеткендей, химиялық толық жанбау пайда болғанға дейін  $n_{\text{раб}}$  мәндерінен төмен ауаның артықтығы одан әрі төмендеген кезде байқалады. Сонымен қатар,  $\text{NO}_x$  эмиссиясының негізгі төмендеуі отынның қалыпты жануы пайда болған кезде туындайды. Сонымен, жану өнімдеріндегі СО концентрациясының (бақылау бөлімінде) 50 ppm (62,5 мг/м<sup>3</sup>) дейін өсуімен бірге жүретін химиялық толық жанбаудың жоғарылауы азот оксидтерінің құрамының 25-30 %-ға төмендеуіне әкелді. Осылайша, табиғи газ бен мазутты бақыланатын қалыпты химиялық толық жанбауды ұйымдастыру арқылы жағу кезінде эмиссияның айтарлықтай төмендеуіне қол жеткізуге болады. ТГМ-94 қазандығының жанарғыларындағы артық ауаның 1,07-ден 1,025-ке дейін төмендеуі  $\text{NO}_x$  40 %-дан астам төмендеуіне әкелді.

Мазут қазандықтарында азот оксидтерінің түзілуіне жағудан бұрын мазутты жылыту температурасы да әсер етеді. Тұтқырлықты төмендету тамшылардың максималды көлемінің кішіреюін туғызып, жану уақытын қысқартады, алайда мұндай жағдайда кокстауға болады.

Қазандықтың жүктемесі төмендеген кезде жану көлемінің жылу кернеуі, сәйкесінше температура төмендейді. 300 МВт блогының ТММП-114 қазандығының жүктемесін 58 %-ға дейін төмендету  $\text{NO}_x$  шығарындыларын 2 есеге төмендетуге мүмкіндік берді.

Ыстық ауа температурасының төмендеуі (табиғи газды жағу кезінде қолданылады) 300 МВт блоктарда 315 а-дан 200 нС-қа дейін  $\text{NO}_x$  түзілуін 40 %-ға азайтты. Алайда, ыстық ауа температурасының төмендеуі шығатын газдардың температурасының жоғарылауына және қазандықтың тиімділігінің төмендеуіне әкелетінін ескерген жөн.

### **3.7. Пайдаланудың өтпелі шарттары (іске қосу-тоқтату)**

ҚТЭҚ үшін іске қосу, тоқтату және жүктемені айтарлықтай өзгерту кезеңдерінде, оларды пайдаланудың кейбір жобалық режимдерінде (мысалы, қыздырудың радиациялық және конвективті беттерін тазалау құралдарын, ауа жылытқыштарды, экономайзерлерді қолдану кезінде), сондай-ақ режимдік-баптау сынақтары кезінде шығарындылардың мәндері айтарлықтай жоғары болуы мүмкін.

Сонымен қатар, шығарындылардың мәндеріне тұрақты мән болып табылмайтын энергетикалық отынның сапалық сипаттамалары айтарлықтай әсер етеді. Отын сипаттамаларының ықтимал ауытқуы кен орындарының сипаттамаларына және оларды игеру технологиясына байланысты. Осы себептерге байланысты жанармай жағатын құрылғылардың технологиялық көрсеткіштерінің мәні өзгеруі мүмкін. Ең жоғары немесе жартылай тік режимдерде (жылына 2000 сағаттан аз) жұмыс істейтін ҚТЭҚ үшін іске қосу, тоқтату, жүктеменің өзгеру режимдеріндегі жұмыс уақытының едәуір

үлесі тән. Сондықтан, шығарындыларды нормалау, осындай ҚТЭҚ мемлекеттік және өндірістік экологиялық бақылауды жүзеге асыру мақсатында әдеттегі ҚТЭҚ үшін қабылданған ЕҚТ технологиялық көрсеткіштеріне 1,5 арттыру коэффициентін пайдалану ұсынылады.

### **3.8. Отын мен қоспаларды түсіру, сақтау және олармен жұмыс істеу**

#### **3.8.1. Қатты қазба отын және қоспалар**

Қазақстан Республикасында сапасы мен құрамы жағынан алуан түрлі едәуір қазба көмір ресурстары бар.

Өндірілетін энергетикалық көмірдің негізгі үлесі - 50 %-дан астамы электр энергетикасы саласының мұқтаждықтарына, қалған көлемі - халықтың коммуналдық-тұрмыстық мұқтаждықтарына, сондай-ақ өнеркәсіптік кәсіпорындарға жұмсалады.

Көмір Екібастұз отын-энергетикалық кешенінің ірі конденсациялық электр станцияларының, сондай-ақ Астана мен Қазақстанның облыс орталықтарындағы көптеген ЖЭО-ның отыны болып табылады.

Көмірді жеткізудің негізгі түрі теміржол көлігі болып табылады.

Әдетте көмірді түсіру вагон аударғыштар мен таспалы конвейерлердің көмегімен жүзеге асырылады. Қысқы маусымда вагондар мұздатылған көмірді еріту үшін еріту құрылғысынан өтеді. Әрбір вагоннан көмір қабылдау бункеріне аударылып тасталады. Қабылдау қондырғысының үстінде орналасқан жылжымалы қопсыту механизмі көмір кесектерінің мөлшерін азайту үшін мұздатылған көмірді ұсақтайды. Әрі қарай, қабылдау ыдысының астында орналасқан ұсақтау механизмі көмірдің мөлшерін одан әрі азайтады және оны конвейерге жүктейді.

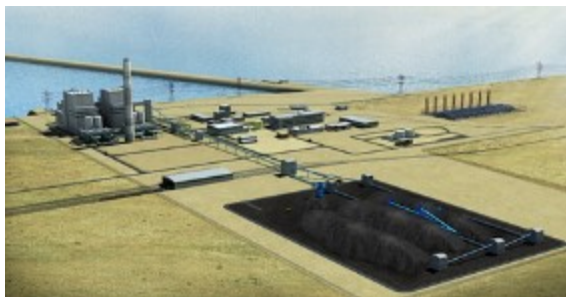
Көмірден металл және ағаш заттарды алып тастауға арналған құрылғылар болады

Көмір таспалы конвейермен қайта құю мұнарасындағы аралық бункерге беріледі, одан әрі реверсивті таспалы конвейермен көмір не көмір қоймасына, не қазандықтың көмір бункеріне тасымалданады.

Қазандық бөлімшесіне және қоймаға келіп түсетін отынды өлшеу үшін тиісті конвейерлерде таспалы таразылар орнатылады.

Көмір, әдетте, сақтау көлемі кемінде 20 күн болатын ашық көмір қоймаларында сақталады. Бұл қосымша сақтау орны жанармай жеткізілімінің қауіпсіздігін қамтамасыз етуге көмектеседі, өйткені көлік логистикасына тәуелділік азаяды. Сақтау сыйымдылығы әртүрлі параметрлерге байланысты, мысалы, жанармай бағасы мен қол жетімділігі, компанияның қор саясаты, жеткізілім қауіпсіздігі және ауа-райы шарттары.

Отынды қабылдау, түсіру және беру схемасы 3.18-суретте көрсетілген.



3.18-сурет. Қатты отынды қабылдау, түсіру және беру схемасы

Отынды сақтау және тасымалдау шаңның пайда болуына әкелуі мүмкін. Осы себепті, ашық қоймаларда ұсақ бөлшектердің шаңын шығаруды болғызбау үшін суды шашу арқылы ылғалдандыру жүргізіледі.



3.19-сурет. Көмір қоймасын ылғалдандыру

Ашық ауада тиеу-түсіру жұмыстарын жүргізу кезінде отынның түсіру биіктігі шаңның ұйымдастырылмаған шығарылуын болғызбау үшін барынша аласа болуы тиіс. Себу тораптары мен конвейерлер негізінен жабық күйде жасалалады; құю тораптарында ұсталған тозаңды отын беру трактісіне қайтара отырып, аспирация жүйелері орнатылады. Отын қоймасында тиеу-түсіру машинасының конструкциясына байланысты ашық конвейерлерді орнатуға жол беріледі.

Қойманың беті қоймадан бұрын тығыздалады, бұл көмірді сақтау кезінде топырақ пен жерасты суларының ластануын болғызбауға мүмкіндік береді. Қоймадағы көмір, әдетте, жауын-шашын жауып, көмірдің беті шайылғанға дейін іріктеліп, жағылады. Көмірді ұзақ уақыт сақтау аймағында көмірді сақтау аймағын азайту үшін көмір қоймасын бульдозермен тазарту сияқты екінші әдістер жиі қолданылады. Осылайша, топырақ пен жерасты суларының ластану ықтималдығы төмендейді, сондай-ақ, ұйымдастырылмаған шаң шығарындылары азаяды.

Қазіргі уақытта отынның белгілі бір қатты түрлері үшін электр станциясының орналасқан жеріне байланысты тасымалдау және сақтау кезінде толық қоршау орнатылады (міндетті талап болып табылмайды).



3.20-сурет. Көмір қоймасын қоршау

Отын беру үй-жайларындағы шаң мен көмірді жинау механикаландырылған. Бас бөлігіндегі конвейерлердің астында шашылған көмірді жинағыштарды орнатуды қарастыру ұсынылады. Негізделген жағдайларда жылытылмайтын үй-жайлар үшін маусымдық гидрожинауды көздеуге жол беріледі. Гидрожинау шұңқырларынан отынды шығару оны кейіннен кәдеге жарата отырып, механикаландырылуы тиіс. Негізделген жағдайларда отын беру үй-жайларын пневможинауға жол беріледі.

### **Қоспалар**

Қоспалар мен химиялық заттар көбінесе отын жағу қондырғысында әртүрлі мақсаттарда қолданылады. Оларды азот оксидін азайту үшін күкіртсіздендіру қондырғылары сияқты тазарту қондырғыларында, сондай-ақ су мен сарқынды суларды тазарту қондырғыларында қолдануға болады. Мысалы, химиялық реагенттер қазандықтарды тамақтандыруға арналған қоспалар ретінде қолданылады, ал салқындату жүйелерінде биоцидтер қолданылады.

Жеткізуші немесе жұмыс беруші осы материалдарды тиісті түрде сақтау қажеттілігін көрсетеді. Реактивтер бір-бірімен әрекеттесе алатындықтан, қолданылатын сақтау және өңдеу әдістері әдетте кез-келген реактивті материалдарды бөлуді қамтиды. Сұйықтықтар әдетте бөшкелерде немесе резервуарларда ашық немесе жабық жерлерде сақталады, сонымен қатар қышқыл немесе химиялық төзімді жабындар қолданылады. Өк сияқты ұсақ шаң тәрізді қатты заттар, әдетте, жабық жерлерде бункерлерде, бөшкелерде немесе сөмкелерде, оқшауланған дренаж жүйелерінде сақталады. Қатты қатты шикізат көбінесе ашық сақтау орындарында сақталады. Материалдарды тасымалдау үшін пневматикалық немесе механикалық тасымалдау жүйелері қолданылады (мысалы, бұрандалы конвейерлер, шелек элеваторлары).

Еңбекті қорғау және қауіпсіздік нормалары сондай-ақ  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайту үшін СКҚ (азот оксидтерін селективті каталитикалық қалпына келтіру қондырғысы) және СКЕҚ (азот оксидтерін селективті каталитикалық емес қалпына келтіру қондырғысы) қондырғыларында пайдаланылатын сұйық немесе газ тәрізді аммиакты сақтауды, өңдеуді және бөлуді реттейді.

### **3.8.2. Сұйық отын**

Сұйық отын төмендегілерге қолданылады:

мазут-электр станциялары мен қазандықтардың негізгі отыны ретінде, Қазақстанда-өте сирек;

мазут-негізгі отыны газ немесе қатты отын болып табылатын қазандықтар үшін резервтік, авариялық немесе жағу әдісі ретінде, республикада неғұрлым кең таралған пайдалану әдісі;

электр станцияларының газ турбиналық қондырғыларының негізгі отыны ретінде дизель немесе газ турбиналық отын. Дизель отыны негізгі газ тәрізді отын үшін резервтік немесе төтенше жағдай ретінде де қолданыла алады.

Электр станциясына сұйық отынды жеткізу, әдетте, цистерналарда темір жол көлігімен жүзеге асырылады. Дизель немесе газ турбиналы отынды құбыржол, автомобиль немесе су көлігімен жеткізуге жол беріледі.

Мазутты темір жол цистерналарынан алдын ала қыздырғаннан кейін қабылдау ыдысының сорғыларының сорғыштарындағы мазуттың температурасын 60 нС төмен емес қамтамасыз ете отырып, өздігінен ағызып жібереді:

«өткір» қыздырылған немесе қаныққан бумен (жоғарғы қыздыру құрылғыларымен немесе төменгі ағызу құрылғылары арқылы цистернаның түбіне су буын беру); сыртқы ортамен байланыссыз төгу арқылы төменгі ағызудың жабық төгу құрылғылары арқылы циркуляциялық тәсілмен; индукциялық қыздыру әдісі.

Темір жол көлігімен жеткізілетін отынға арналған қабылдау резервуарының сыйымдылығы айдау сорғыларының авариялық тоқтаған кезінде 30 минут ішінде отын қабылдауды қамтамасыз етуі қажет.

Мазутты сақтау ЖЭС бас корпусынан жеткілікті қашықтықта өртке қарсы жағдайлар бойынша орналасқан металл немесе темірбетон резервуарларда жүзеге асырылады. Резервуарлардағы люктердің қақпақтары қоршаған ортаға көмірсутектердің булануын болғызбау үшін төсемдері бар болттарға әрдайым тығыз жабылуы тиіс.

Резервуарлар, әдетте, үйінділердің (сақтау резервуарының) ішінде топтастырылады, технологиялық жобалау нормаларына сәйкес үйінділердің нақты сыйымдылығы ең үлкен резервуардың ағып кету жағдайынан таңдалады. Мұнай өнімдерінің электр станциясының сарқынды суларына түсуіне жол бермеу үшін үйме толығымен герметикалық болуы керек және май ұстағыштарды қамтуы керек.

Нысанның климаттық жағдайына және сақталатын мазуттың түріне байланысты сақтау резервуарлары мазутты (атап айтқанда ауыр мазутты) оны тасымалдау үшін тиісті температураға дейін жеткізуге және қыздырғышқа дұрыс шашыратуды қамтамасыз етуге арналған жылыту жүйелерімен жабдықтауды қажет етуі мүмкін, бұл ластануды азайтудың маңызды әдісі болып табылады.

Мазут шаруашылығының резервуарларында мазутты қыздыру циркуляциялық және әдетте жеке арнайы бөлінген контур бойынша қабылданады. Мазут алу орындарында ыстық мазут немесе бу көмегімен жергілікті жылыту құрылғыларын қолдануға жол беріледі

Мұндай жағдайларда резервуарлар тиісті түрде оқшаулануы тиіс.

Мазут шаруашылығының кез келген резервуарының төменгі бөлігінен мазут шаруашылығында арнайы орнатылатын мұнай аулағыштарға, кейіннен тазарту

құрылыстарына су, ал ұсталған мазутты қабылдау ыдысына немесе резервуарларға жіберу көзделеді.

Ағып кетуді анықтау және толтыру деңгейін тексеру үшін резервуардың мазмұнын үнемі тексеріп отыру жиі кездеседі. Толтыру деңгейін тексеру үшін дабылдарды қосатын автоматты жүйелер қолданылады.

Мазутты сақтауға арналған резервуарларда от бөгейіштері бар желдеткіш келтеқұбырларын орнату көзделеді.

Мазутты құбырлар арқылы айдау тек қыздырылған күйде жүзеге асырылады. Бұл мазуттың қоршаған орта температурасында қатаю қабілетіне байланысты.

Мазутты қоймадан қазандыққа беру жалпы жылу оқшаулағышы бар буы бар параллель салынған құбырлармен жабдықталған магистральдық құбырлар арқылы жүзеге асырылады. Мазуттың құбырлар арқылы ағымдылығын қамтамасыз ету үшін оны отындағы парафині бар қосылыстардың мөлшеріне байланысты 80-130 ыС температураға дейін қыздыру қажет.

Магистральдық құбырға кірер алдында мазут қыздырғыш және ірі және ұсақ тазалау сүзгілері арқылы өтеді. Жылытқыш мазуттың оңтайлы температурасы мен тұтқырлығын қамтамасыз етеді. Сүзгілер қоспаларды ұстап тұру және мазут саңылауларының тар арналарының бітелуіне жол бермеу үшін қолданылады.

Өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін ашық ыдыстарда және цистерналардан құю кезінде мазутты қыздыру температурасы тұтану температурасынан 100 нС төмен болуы тиіс. Бұдан басқа, барлық төгу жабдығы, сорғылар мен құбыржолдар мазутты айдау кезінде пайда болатын статикалық электрді бұру үшін және найзағайдың әсерінен қорғау үшін жерге тұйықталуы тиіс. Сондай-ақ қысымның шекті жоғарылауының және температураның жоғарылауының және жағу үшін қазандыққа берілетін отын қысымының төмендеуінің сигнализациясы көзделеді резервуарлардағы мазут температурасын бақылау отын сорғыларының сору келте құбырына орнатылатын сынап термометрлерінің көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін.

Ашық ауада және температурасы +5 ыС-тан төмен үй-жайларда төселетін барлық мазут өткізгіштерде олармен ортақ оқшаулауда бу немесе басқа жылыту спутниктері болуы тиіс.

Сұйық отынмен жұмыс істейтін газ турбиналарында тек тазартылған сұйық отынды пайдалануға болады. Газ турбинасында жану процесі жүрмес бұрын отын қажетті қысымға жеткізілуі керек.

Қазіргі заманғы газ турбиналарында қолданылған кезде дизель отыны натрий, калий және кальций концентрациясын азайту үшін отын дайындау қондырғысында алдын-ала өңдеуді, сондай-ақ турбинаның қалақтарына зиянды болатын қатты қоспаларды алып тастауды қажет етеді.

Газ турбины ЖЭС-те сұйық отынды дайындау қондырғысы отын жылытқыштарынан (электр типті немесе бу тізбегі бар), сондай-ақ қажетті сорғылардан мен құбырлардан тұрады.

Газ турбиналарында пайдалануға арналған сұйық отын мынадай талаптарды қанағаттандыруы тиіс:

тазалықтың жоғары дәрежесі;

қосалқы бөлшектер мен тораптарға және турбинаның ыстық қалақтарына қатысты коррозиялық белсенділіктің төмен дәрежесі;

тұнба түзілу деңгейі төмен, әсіресе турбинаның ыстық қалақтарында.

Сұйық және газ тәрізді отынды жағуға арналған қазандықтар қатты отынды алау (шаң тәрізді) жағуға арналған жүйелерге негізделген. Барлық газ тәрізді және сұйық отындарды пештің төменгі жағында орналасқан жанарғылармен жағуға болады. Жанармаймен араластыруға және жағауға арналған ауа әрдайым кез-келген түрдегі жанарғыларға беріледі.

Газ тәрізді отын ауа қоспасында тікелей жанған кезде, сұйық отын пешке механикалық процесс арқылы немесе қысыммен көмекші орта (ауа немесе бу) арқылы ұсақ тамшылар шығаратын саңылаулар арқылы шашырайды. Алу үшін гомогендік жану, пайдаланылады мелкодисперсные аэрозольді тамшылар өлшемі 30-дан 150 мкм.

Энергетикалық қазандықтарда сұйық және газ тәрізді отынды жағу үшін бір деңгейден төрт деңгейге дейін орнатылған жанарғылардың фронтальды, қарсы, тангенциалдық (немесе бұрыштық) орналасуы пайдаланылады.

Мазутты жағу кезінде келесі мәселелер ескерілуі керек:

жоғары тұтқырлыққа байланысты шашыратар алдында қосымша қыздыру қажеттілігі;

отынның кокс бөлшектерін қалыптастыруға бейімділігі;

конвективті қыздыру беттеріндегі шөгінділерді қалыптастыру;

ауа жылытқыштардың төмен температуралы күкірт коррозиясы.

Алғашқы екі проблема жоғары молекулалық салмақ пен жанармайдың құрамына кіретін кейбір элементтердің асфальтендік сипатына байланысты. Екінші және үшінші мәселе отында күкірт, азот, ванадийдің болуына байланысты туындайды.

Мазутты жағуға дайындау жүйесі оны гомогендеуге және мазутқа сұйық қоспаларды енгізуге арналған, отынның біркелкілігін арттыратын және қазандықтардың коррозия қарқындылығын төмендететін құрылғыларды қамтуы мүмкін

### **3.8.3. Газ тәрізді отын**

Отын ретінде газ ең алдымен Оңтүстік аймақта қолданылады.

Газ тәрізді отын ірі отын жағу қондырғысына құбыр арқылы не газ ұңғымасынан не сұйытылған табиғи газдың (СТГ) декомпрессиялық қоймасынан жеткізіледі. Электр станциясының газ шаруашылығы газ турбиналарына, қосымша жану камераларына немесе осы газ негізгі (тұрақты немесе маусымдық), резервтік немесе авариялық отын



болып табылатын қазандық агрегаттарына табиғи (немесе өңделгеннен кейін) газ беруге арналған.

Әр түрлі ұңғымалардан шыққан табиғи газ сапасы жағынан ерекшеленеді. Көбінесе өндірістік объектіде газ тазартылуы мүмкін, бұл құбырлардағы көлік проблемаларын азайтады.

ЖЭС газбен жабдықтау жүйелері әртүрлі талап етілетін газ қысымы бар газ тұтынатын қондырғыларды отынмен қамтамасыз етуді көздейді: ГТҚ және БГҚ үшін - 1,2 - ден 5,0 МПа-ға дейін және қазандық агрегаттары үшін-шамамен 0,2 МПа.

Магистральдық газ құбырларындағы газ тарату станциясынан (ГТС) ЖЭС газбен жабдықтау жүйелерінің схемалары тасымалданатын газдың әртүрлі қысымдары кезінде және газ тұтыну қондырғыларының әртүрлі талап етілетін қысымдары үшін бірлескен де, бөлек те көзделуі мүмкін.

ГТС-тен немесе магистральдық газ құбырларынан ЖЭС алаңына дейін жеткізуші газ құбырларын, әдетте, жерастында, ал электр станциясының аумағы бойынша, әдетте, жер үстінде салу керек. Қазандықтың немесе газ турбиналы бөлімшенің таратушы газ құбыры ғимараттан тыс төселеді.

ЖЭС газбен жабдықтау жүйелерінде шу деңгейін төмендету жөніндегі іс-шаралар көзделуі тиіс.

Электр станциясының аумағында қарастырылған ГТП қазандықтың техникалық шарттарында белгіленген деңгейде түсетін газдың қысымын төмендетуге және ұстап тұруға арналған.

Газ отыны негізгі болып табылатын ЖЭС-тегі ГТП өнімділігі қазандықтардың газды барынша тұтынуына, ал газды маусымдық жағатын ЖЭС-те-жазғы режимдегі газдың жиынтық шығынына қарай есептелуі тиіс.

ГТП ЖЭС аумағында жеке ғимаратта, жапсарлас құрылыстарда немесе шатыр астында орналасады.

Газдың жиынтық шығысы 500 мың нМ<sup>3</sup>/сағ дейінгі ЖЭС үшін бір ГТП, газдың шығыны көп болған жағдайда - екі және одан да көп ГТП салу көзделеді.

800 МВт және одан жоғары энергия блоктары бар ЖЭС үшін, әдетте, әрбір блок үшін ГТП салу көзделеді.

Газ турбиналары тікелей жану үшін тек таза газдарды пайдаланады.

ГТҚ газбен жабдықтау жүйесіне жеткізуші газ құбыры, сығымдау компрессорлық станциялары (ҚҚЖ бар газды дайындау пункті (ГДП), ажыратушы арматура блоктары бар сыртқы және ішкі газ құбырлары кіреді. ГТҚ тоқтатқыш клапандары алдындағы талап етілетін тұрақты газ қысымы газды дайындау пунктінің құрамына кіретін газ қысымын реттеу блогымен қамтамасыз етіледі. Газ құбырындағы газ қысымына және

ГТҚ алдындағы қажетті қысымға байланысты газды беру схемасының екі негізгі нұсқасы - сығымдау компрессорлары бар және сығымдау компрессорлары жоқ нұсқа пайдаланылуы мүмкін.

Газды дайындау пункті жалпы жағдайда: газды тазартуды, редуциялауды және/немесе сығымдауды, жылытуды, пневможетекті арматура үшін газды кептіруді, газ шығынын өлшеуді қамтамасыз етуі тиіс.

Кеңейтілген газды адиабатикалық салқындатуды газ турбинасының компрессорына кіретін таза ауаны салқындату үшін пайдалануға болады. Басқа көздерден атмосфералық қысым кезінде отын газдары нақты газ турбинасының жану камерасының қажетті кіріс қысымына дейінгі қысыммен болуы тиіс. Сондай-ақ отын газын алдын ала қыздыруға жол беріледі.

Газ құбырлары технологиялық құбырлардың конструкциясына, монтажына және сапасын бақылауға қойылатын қолданыстағы нормативтік құжаттарда қойылатын барлық техникалық талаптарға жауап беруі тиіс.

Газ тәрізді отынмен жұмыс істеу кезінде қоршаған ортаға әсерді төмендету мақсатында мынадай техниканы пайдалану керек: ЕҚТ 670 - ГТП және газ құбырларындағы сақтандырғыш клапандар.

### **3.9. Майларды түсіру, сақтау және тазалау**

#### **3.9.1. Отын жағу қондырғыларында қолданылатын майлармен жұмыс істеу технологиялары**

Осы бөлімнің мазмұны құрамында полихлорланған дифенилдер және басқа да тұрақты органикалық лаस्ताғыштар бар энергетикалық майлармен жұмыс істеуге қолданылмайды. Олардың адамдардың денсаулығы мен қоршаған орта үшін аса қауіптілігіне байланысты олармен жұмыс істеу қоршаған ортаны қорғау, халықтың санитариялық-эпидемиологиялық саламаттылығы және өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы жекелеген нормативтік құжаттармен реттеледі. Құрамында полихлорланған дифенилдер немесе басқа тұрақты органикалық лаस्ताғыштар бар майларды немесе жабдықтарды қолдану ЕҚТ болып табылмайды.

#### **ЖЭС май шаруашылықтарының функциялары**

Отын жағатын қондырғылардағы майлар мынадай мақсаттарда қолданылады:

маймен толтырылған электр жабдықтарында: күштік трансформаторлар мен реакторларда, ток пен кернеудің өлшеу трансформаторларында; жоғары вольтты кірмелерде, майлы ажыратқыштарда, статорды маймен салқындататын генераторларда пайдалануға арналған электр оқшаулау (трансформаторлық) майлары;

жылу-механикалық, гидромеханикалық және сорғы жабдықтарында қолдануға арналған мұнай (минералды) турбиналық майлар;

жылу механикалық және сорғы жабдықтарында қолдануға арналған ОМТИ типті отқа төзімді турбиналық майлар;

қосалқы жабдықта (көмір ұнтақтау жабдығы, қазандық агрегаттарының тартқыш үрлеу машиналары, сорғылар, электр қозғалтқыштар, компрессорлар) қолдануға арналған индустриялық майлар (компрессорлық, индустриялық, гидравликалық және т.б.).

Жабдықты пайдалану процесінде және оған техникалық қызмет көрсету кезінде майлар ағу салдарынан, тұнбаны ағызу кезінде суландыру, булану, талдау үшін сынамаларды іріктеу кезінде, сондай-ақ майдың қасиеттерін тазалау және қалпына келтіру кезінде жұмсалады. Нәтижесінде май толтырылған жабдық пен майлау жүйесіне мезгіл-мезгіл май құю қажет. Сонымен қатар, жұмыс кезінде майлардың сапалық көрсеткіштері нашарлайды, нәтижесінде оларды тазарту немесе ауыстыру қажет. ТПЕ-ге сәйкес отын жағатын қондырғыларда майлармен жұмыс істеу жөніндегі қызметтің негізгі міндеттері мыналар болып табылады:

май толтырылған жабдықтың сенімді жұмысын қамтамасыз ету;

майлардың пайдалану қасиеттерін сақтау; оның ішінде тазалау және қасиеттерін қалпына келтіру жолымен.

Барлық ЖЭС-те майлармен негізгі технологиялық операцияларды орындау үшін орнатылған жабдықтың саны мен бірлі-жарым қуатына қарамастан май шаруашылықтарын-майлармен белгілі бір операцияларды орындауға арналған жеке технологиялық объектілерді салу көзделген. Энергия кәсіпорындарының майлы шаруашылықтары, әдетте, мынадай негізгі технологиялық операцияларды жүзеге асырады:

транспорттық ыдыстардан майларды қабылдау;

майларды сақтау;

майларды құю немесе жабдыққа құю үшін дайындау;

дайындалған майларды жабдыққа беру;

майды жабдықтан құю және оларды май шаруашылығына қабылдау;

транспорттық ыдыстарға май беру;

майды өңдеу кезінде қолданылатын сорбенттердің, қоспалардың, сүзгіш материалдардың, реагенттердің және басқа да шығыс материалдарының қорын сақтау; пайдаланылған майларды жинақтау, ЖЭС күшімен қалпына келтіру мүмкін болмаған кезде тұтынушылық қасиеттерін толығымен жоғалтқан;

жас сорбенттерді дайындау және пайдаланылған сорбенттердің адсорбциялық қасиеттерін қалпына келтіру;

майлардың ағуы мен дренажын жинау, қалдықтардың жиналуы;

сақтау резервуарларынан майды авариялық ағызу.

### **Май шаруашылығының технологиялық жабдықтары**

Көрсетілген операцияларды орындау үшін ЖЭС май шаруашылығының құрамына, әдетте, мыналар кіреді:

көлік сыйымдылықтарына (теміржол және/немесе автокөлік) майларды қабылдау және беру торабы;

ашық май сақтау қоймасы;

бір ғимаратта орналасқан қосалқы бөлшектерді, сорбенттерді және шығыс материалдарын сақтауға арналған майаппараттық және қойма үй-жайлары;

май құбырлары жүйесі;

тікелей жабдықта майды тазалауға арналған жылжымалы май тазалау жабдығы;

майларды жабдыққа және жабдықтан жеткізуге арналған көліктік сыйымдылықтар.

Ашық қойма майларды сақтауға арналған жеке бактармен жабдыкталады:

жаңадан келген (бұрын пайдаланылмаған);

қалпына келтірілгендер;

пайдаланылған, кәдеге жаратуға арналған.

Әр түрлі маркалы майлар, әдетте, бөлек резервуарларда сақталады. Бір марканың жаңа және қалпына келтірілген майлары, сондай-ақ кәдеге жаратуға арналған әртүрлі маркалардың пайдаланылған майлары араласуы мүмкін (3.9.3-бөлімді қараңыз). Әрбір ЖЭС үшін бактардың саны мен сыйымдылығы жеке-жеке пайдаланылатын майлар маркаларының санымен, маймен толтырылған жабдық сыйымдылықтарымен, май шығынымен анықталады.

Май бактарының ішкі бетінде май бензинге төзімді коррозияға қарсы жабын болуы мүмкін, бактар ауа құрғататын сүзгілермен (АҚС) жабдыкталады, бұл майларды сақтау кезінде олардың қартаю жылдамдығы мен ластануын төмендетеді.

Майларды ашық сақтау қоймасының айналасында және бактардың айналасында бактар зақымданған кезде майлардың таралуын болғызбау үшін топырақ үйіп бекітіледі.

Май аппаратурасы шығыс бактары, май сорғылары, майды биязы тазалау сүзгілері, майды тазалауға, құрғатуға және оның қасиеттерін қалпына келтіруге арналған қондырғылар, адсорберлер, май жанарғылар, телімдерді енгізуге арналған арнайы жабдық, майларды есепке алуға арналған есептеуіштер, май құбырлары, автокөлікке мұнай өнімдерін беруге арналған үлестіру колонкасы орнатылатын жеке тұрған үй-жайда оорналастырылады. Май аппаратурасының ғимараты ағынды-сору желдеткішімен, жұмысты механикаландыру құралдарымен және автоматты өрт сөндіру жүйесімен жабдыкталады.

Трансформатор майының пайдалану қасиеттерін сақтаудың негізгі қолданылатын тәсілдері:

жабдыққа құйылған майды термосифонды немесе адсорбциялық сүзгілерді пайдалана отырып, ірі кеуекті адсорбенттермен үздіксіз тазарту;

ауа кептіру сүзгілерін дұрыс пайдалану;

майды тотығудан және ластанудан қорғайтын арнайы құралдарды қолдану (пенкалы немесе азотты) немесе электр жабдықтарын толық герметизациялау;

тотығуға қарсы присадканың (тотығу тежегішінің) қажетті концентрациясын ұстап тұру;

майды тиімді салқындату;

электр жабдықтарын жөндеу кезінде майдың қасиеттерін тиімді қалпына келтіру;

майды ауыстыру алдында электр жабдығын жуу (дайындау).

### **Майларды тазарту әдістері**

Майды тазарту үшін ластанудың барлық түрлерін (механикалық қоспалар, еріген және дисперсті су, шлам, еріген газдар және т.б.) жоюдың әртүрлі физикалық және физикалық-химиялық әдістері қолданылады. Майдан ластануды жоюдың келесі физикалық әдістері қолданылады:

гравитациялық (резервуарларда тұндыру);

орталықтан тепкіш (орталықтан тепкіш сепараторлар, центрифугалар);

сүзу (сүзгілер, торлар, мембраналар) ;

булану (вакуумды газсыздандыру қондырғылары және т. б.);

электростатикалық және магниттік әдістер.

Нақты энергия объектілерінде қолданылатын тазарту әдістерін таңдау кәсіпорындардың қажеттіліктеріне қарай жүзеге асырылады.

Энергетикалық кәсіпорындарда қолданылатын негізгі физикалық-химиялық тазарту әдісі адсорбция (цеолиттермен және басқа сорбенттермен тазарту) болып табылады. Физикалық әдістер майды терең кептіру және газсыздандыру үшін қолданылады, олардың ішінде вакуумдық технологиялар кеңінен қолданылады. Атмосфералық қысым кезінде майды ыстық ауамен немесе инертті газбен үрлеу арқылы кептіру іс жүзінде қолданылмайды.

Майды электростатикалық тазарту шығыс материалдарын қолданбай, майдан механикалық қоспалар мен шламдарды кетіруге мүмкіндік береді.

Әдетте энергетикалық кәсіпорында қолданылатын трансформатор майларын дайындау (тазалау) технологиясы әртүрлі әдістердің комбинациясын көздейді.

Майды (жаңа немесе жабдықтан құйылған) дисперсті судан және механикалық қоспалардан (шланнан) алдын ала дөрекі тазарту тұндыру көмегімен май шаруашылықтарының ашық қоймасының резервуарларында жүзеге асырылады. Бөлініп шыққан ластану мезгіл-мезгіл резервуарлардан майдың шөккен қабаттарын (тұнба) дренаждау арқылы жойылады. Бұл, әдетте, 40 мкм-ден асатын үлкен және ауыр бөлшектерді алып тастайды. Осы мақсаттар үшін ең тиімдісі - конустық түбі бар тік резервуарлар. Электр оқшаулағыш майды тазарту, негізінен, оны электр жабдығына құюға дайындау кезінде немесе жөндеу кезінде жүзеге асырылады. Бұл ретте мынадай технологиялар (немесе олардың комбинациялары) қолданылады: ортадан тепкіш-вакуумдық, стационарлық қабаттағы адсорбциялық, терең вакуумдық кептіру және сүзу. Ортадан тепкіш-вакуумдық және стационарлық қабаттағы адсорбциялық (цеолитпен кептіру) технология негізінде трансформаторлық майды тазалауға арналған

қондырғылар оны 500 кВ дейін қоса алғанда ашық үлгідегі электр жабдығына құюға дайындау үшін пайдаланылады, өйткені дисперсті және ерітілген суды, механикалық қоспаларды алып тастау қамтамасыз етіледі, бірақ бұл қондырғылар майды қажетті газсыздандыруды жүзеге асыруға мүмкіндік бермейді.

Майды құюға дайындау немесе тікелей герметикалық электр жабдықтарында 1150 кВ кернеу класына өңдеу үшін майды толығымен механикалық қоспаларды, еріген су мен газдарды кетіруге мүмкіндік беретін қыздыру кезінде вакуумды тазарту қондырғылары қолданылады.

Майдың шығуындағы барлық қондырғыларда 750 кВ дейін қоса алғанда электр жабдығы үшін 5-тен 10 мкм-ге дейін және кернеуі 1150 кВ электр жабдығы үшін 5 мкм-ден аспайтын номиналды сүзу жұқалығы бар майды биязы тазалау (ФТО) сүзгілері пайдаланылуы тиіс. Трансформаторлық майлар үшін ФТО сүзудің ең оңтайлы номиналды жұқа мөлшері 3-тен 6 мкм-ге дейін. Трансформатор майының қатты ластануы жағдайында негізгі өңдеуден бұрын алдын-ала тұндыру және нобайлап сүзу қолданылады.

### **Майлардың қасиеттерін қалпына келтіру әдістері**

Майдың қасиеттерін қалпына келтіру үшін сорбциялық технологиялардың екі негізгі түрі қолданылады: ұсақ дисперсті сорбентпен байланыс арқылы тазарту және/немесе түйіршікті сорбенттің стационарлық қабатында адсорбция. Стационарлық қабатта тазалауға арналған негізгі сорбенттер ксКГ силикагелі және  $Al_2O_3$  және  $Al_2O_3$  алюминийдің белсенді тотықтары болып табылады. Контактілерді тазарту үшін табиғи сорбенттер қолданылады, олар жиі ағартылады, бірақ қалпына келтірілген майлардың нормативтік сапасын қамтамасыз ететін басқа сорбенттер де қолданылады.

Майды ірі кеуекті адсорбенттермен жұмыс кезінде адсорбциялық және термосифонды сүзгілердің көмегімен үздіксіз өңдеу қартаю өнімдерінің көп бөлігін алып тастауға және майдың қартаю процесін баяулатуға мүмкіндік береді.

### **3.9.2. Май шаруашылықтарының қоршаған ортаға әсері**

Отын жағатын қондырғылардың сенімділігі мен энергия тиімділігіне жанама әсер ету Майлар қосалқы энергия жабдықтарының: бу және газ турбиналарының, сорғы жабдықтарының, қазандық агрегаттарының тартқыш-үрлеу машиналарының, компрессорлық жабдықтардың, электр жабдықтарының сенімділігін, энергия тиімділігін және үнемділігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Майларды қолдану үйкеліс шығынын азайтуға және айналмалы механизмдерден артық жылууды кетіруге мүмкіндік береді. Майлардың салыстырмалы түрде жақсы электрлік оқшаулау қасиеттері электр энергиясының жоғалуын едәуір азайтуға, электр жабдықтарының өлшемдерін азайтуға мүмкіндік береді.

Осыған байланысты ЖЭС-те май шаруашылықтарының болуы және олардың ЖЭС-ті қажетті көлемде және қажетті сапада маймен қамтамасыз ету жөніндегі өз функцияларын орындауы отын жағатын қондырғылардың сенімділігі мен үнемділік көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етеді. Майлар сапасының нашарлауын, олардың ескіруін және ластануын болғызбау, пайдалану процесінде майлардың жоғары сапасын ұстап тұру, тазарту сапасын арттыру және қасиеттерін қалпына келтіру үшін ЖЭС-те қолданылатын шаралар отын жағатын қондырғылардың энергия тиімділігін арттыруға жанама әсер етеді.

**Сарқынды сулардың пайда болуы**

Майлармен жұмыс істеудің қолданылатын технологиялары суды пайдалануды талап етпейді. Осыған байланысты май шаруашылығында ластанған сарқынды сулар пайда болмайды. Алайда, ластанған сарқынды сулар майлармен ластанған жер бетіне жер үсті ағысы (нөсер, еріген, суару-жуу) түскен кезде май шаруашылығында пайда болуы мүмкін. Сондықтан, мұндай сарқынды сулардың пайда болуын болғызбау үшін майлардың жоғалуын болғызбауға бағытталған шаралар қолданылады. Сонымен қатар, май фермаларының ғимараттарында да, ЖЭС өндірістік алаңдарында да шығындар, ағып кетулер нәтижесінде маймен ластанған барлық беттер мүмкіндігінше тез тазалануы керек. Қатты жабындарды, беттерді тазарту үшін шүберек, құм, үгінділер және мұнай өнімдерін жинауға арналған басқа да арнайы материалдар қолданылады. Май шаруашылықтарында және майларды қолдану орындарында ағып кетулерді жою жылдамдығын арттыру мақсатында осы материалдардың кейбір қорын сақтау ұйымдастырылады. Топырақ ластанған кезде оның ластанған қабаты алынады және кәдеге жаратылады немесе көмуге жіберіледі.

**Атмосфераға шығарындылар**

Майлар басқа мұнай өнімдерімен салыстырғанда қаныққан бу қысымының салыстырмалы түрде төмен мәндеріне ие болады. Бұдан басқа, май шаруашылықтарында майлардың ластануын болғызбау мақсатында майлардың атмосфералық ауамен жанасу алаңдарын барынша азайтуға бағытталған шаралар қабылданады, сондықтан қалыпты пайдалану режимдерінде ЖЭС май шаруашылықтарының жабдықтарынан атмосфераға май буларының шығарындыларының көлемі шамалы және, әдетте, нормаланбайды және бақыланбайды.

Сонымен қатар минералды майлар жоғары өрт қауіпті заттар болып табылады. Жану кезінде олар, басқалармен қатар, атмосфераға ластағыш заттардың едәуір мөлшерін шығару көзі бола алады. Май шаруашылықтарындағы өртке қарсы шаралар тиісті нормативтік құжаттармен регламенттеледі және осы ЕҚТ анықтамалығында қаралмайды.

**Қалдықтардың пайда болуы**

ЖЭС май шаруашылығында пайда болатын қалдықтарды келесі топтарға бөлуге болады:

1. Пайдаланылған майлар - сапалық сипаттамалары оларды технологиялық процестерде және отын жағатын қондырғылардың немесе басқа тұтынушылардың жабдықтарында пайдалануға мүмкіндік бермейтін майлар. Осы қалдықтармен жұмыс істеу әдістері 3.9.3-бөлімде қаралды.

2. Майлармен ластанған пайдаланылған сорбенттер, сүзгі материалдары мен майлардың қасиеттерін тазалау және қалпына келтіру операцияларында пайдаланылатын жабдықтар. Бұл қалдықтар қатты жабыны бар алаңдарда немесе қалдықтар түзілетін үй-жайларда жабық металл сыйымдылықтарда жиналады немесе 4-5-сыныптағы басқа да қатты қалдықтармен бірге жиналады.

3. Құрамында май қалдықтары, су, шламдар бар майларды тазалау және олардың қасиеттерін қалпына келтіру, май резервуарларын, май құбырларын тазалау операцияларынан алынған сұйық және паста тәрізді қалдықтар металл жабық ыдыстардағы басқа қалдықтардан бөлек жиналады, кейіннен арнайы қондырғыларда залалсыздандырылады немесе мамандандырылған ұйымдарға беріледі.

4. Май шаруашылықтарының үй-жайларындағы ағуларды жинау, тазалау және тазалықты сақтау, май шаруашылығы жабдықтарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу үшін пайдаланылған майлармен ластанған материалдар (үгінділер, құм, сұрту материалдары, ластанған топырақ және т.б.).

5. Майлармен ластанған металл және пластмасса ыдыстар (бөшкелер, канистрлер). Ластанған ыдыстарды жинау жабық үй-жайларда немесе қатты жабыны бар алаңдардағы қалқалардың астында нөсер және еріген су майларымен ластануға жол бермей жүзеге асырылады. Металл ыдысты, әдетте, майдан тазартады және қара металдардың сынықтары ретінде кәдеге жаратуға жібереді. Металл ыдыстарды көмуге тыйым салынады. Пластмасса ыдысты майдан тазартады және қатты коммуналдық қалдықтарды полигондарға көму үшін жібереді.

6. Май шаруашылығы жабдықтарының металл бөлшектері. Бұл қалдықтар майлардан тазартылады, содан кейін олар қара және түсті металл сынықтары сияқты өңделеді. Бұл қалдықтарды көмуге тыйым салынады.

### **3.9.3. Пайдаланылған майларды жинау және кәдеге жарату**

Сапасы оларды негізгі немесе қосалқы энергия жабдықтарында тікелей мақсаты бойынша пайдалануға мүмкіндік бермейтін майлар:

өз күшімен немесе бөгде ұйымдардың күшімен қалпына келтіріледі және кейін тікелей мақсаты бойынша пайдаланылады;

жеке қосалқы жабдықта, автокөлікте пайдаланылады (тазалаудан кейін немесе тазалаусыз) немесе ұқсас мақсаттар үшін бөгде ұйымдарға беріледі.



Осы майлардың қасиеттерін қалпына келтіру немесе пайдалы пайдалану мүмкін болмаған кезде олар қалдықтар (пайдаланылған майлар) және регенерация жолымен кәдеге жарату үшін мамандандырылған ұйымдарға беріледі.

Пайдаланылған майларды көму жүзеге асырылмайды.

Пайдаланылған майларды адгезияға қарсы материалдар және құрылыс материалдарын сіңдіру құралдары ретінде қолдануға құрылыс нормалары тыйым салады

Пайдаланылған майларды жинау осы мақсаттарға арналған май шаруашылығының арнайы резервуарларында жүзеге асырылады.

Мамандандырылған ұйымдарға қайта өңдеу үшін тапсыруға жататын пайдаланылған мұнай индустриялық, турбиналық және трансформаторлық майлар май шаруашылығының бір резервуарына жиналуы мүмкін және Кеден одағының «Майлау материалдарына, майларға және арнайы сұйықтықтарға қойылатын талаптар туралы» техникалық регламентіне сәйкес «Пайдаланылған индустриялық майлар» тобы майларының сапасына қойылатын талаптарды қанағаттандыруы тиіс [60].

Егер пайдаланылған майларды жинау кезінде олар отынмен немесе басқа да пайдаланылған мұнай өнімдерімен араласатын болса, онда мұндай мұнай өнімдерінің қоспасы ПМҚ (пайдаланылған мұнай өнімдерін тасымалдау) тобындағы мұнай өнімдерінің сапасына қойылатын талаптарды қанағаттандыруы тиіс.

### **3.10. Салқындату жүйелері**

#### **3.10.1. Салқындату жүйелерінің жіктелуі**

Энергетикада салқындату жүйесінің көптеген түрлері қолданылады, олардың жұмыс істеу қағидаттары да, конструкциялары да бір-бірінен ерекшеленеді. Бірыңғай жалпыға бірдей танылған салқындату жүйелерінің жіктемесі жоқ. Арнайы әдебиеттерде әр түрлі классификациялар қолданылады:

1) салқындатқыш агент (жылу тасымалдағыш) түрі бойынша:

2) салқындатқыш агенттің қозғалыс схемасы бойынша:

тікелей ағынды;

айналмалы;

аралас (тікелей-айналмалы);

3) салқындату контурының түрі бойынша:

ашық (салқындатқыш агент қоршаған ортамен байланыста);

жабық (салқындатқыш жабық тізбекте айналады және қоршаған ортамен байланыста болмайды).

4) тізбектелген контурлар саны бойынша:

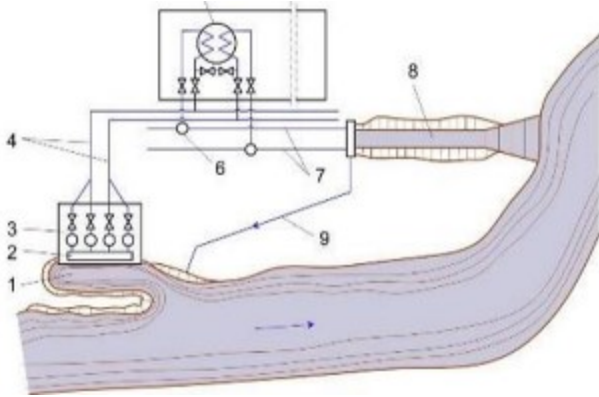
бір контурлы;

екі контурлы және т.б.

5) айналым жүйелері қолданылатын салқындатқыштардың түрлері бойынша жіктеледі - су қоймалары-салқындатқыштары, түрлі типтегі градирнялары, бүріккіш бассейндері бар айналым жүйелері. Қолданылатын градирнялардың негізгі түрлері салқындатқыш ауа ағынын жасау әдісі бойынша бөлінеді: атмосфералық, табиғи тартқышы бар мұнаралы, мәжбүрлі тартқышы бар немесе үрлемелі желдеткішті, эжекциялық;

6) салқындатқыштар мен салқындату объектілерін қосу схемалары бойынша: тізбекті, параллель және аралас.

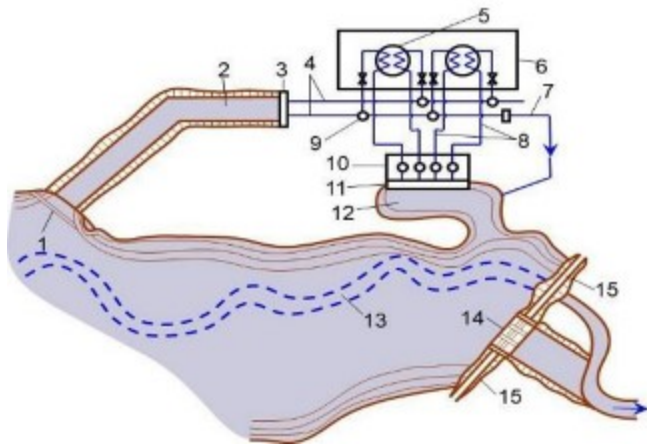
Тікелей салқындату сулы СЖ (3.21-сурет) өзеннен, көлден немесе теңізден табиғи температурасы бар салқындатқыш суды алумен сипатталады. Жылу алмасу аппараттарында қыздырылған су су жинағышқа оралмай, ағыс бойынша төмен бұру желісі арқылы ағызылады.



1 - су жинау шөміші; 2 - су қабылдағыш; 3 - орталықтандырылған жағалау сорғы станциясы; 4 - магистральды жерасты қысымды құбырлар; 5 - турбинаның конденсаторы; 6 - ағызудың сифонды құдық (гидроқақпан); 7 - өздiгiнен ағатын жерасты каналдарын бұру; 8 - ашық бұру каналы; 9-қысқы уақытта су тартуды жылыту құбыры  
3.21-сурет. ЖЭС техникалық сумен жабдықтаудың тура ағынды жүйесі

Техникалық сумен жабдықтаудың айналым жүйесі циркуляциялық суды әртүрлі типтегі салқындатқыштарда салқындатумен және сумен жабдықтау көзінен жүйеде су шығынын толтырумен бірнеше рет қолданумен сипатталады. Айналымды сумен жабдықтау жүйелерінде циркуляциялық суды салқындатқыштар ретінде салқындатқыш су айдындары (3.22-сурет), түрлі типтегі градирнялар, шашыратқыш бассейндер немесе олардың үйлесімдері қолданылады.

Кез-келген түрдегі бір контурлы немесе екі контурлы (тікелей немесе тікелей емес) болуы мүмкін, сондықтан салқындатудың аралық контурының болуы осы ЕҚТ анықтамалығында кез-келген салқындату жүйесінің экологиялық қауіпсіздігін арттырудың мүмкін әдістерінің бірі ретінде қарастырылады және аралық контуры бар жанама жүйелер жеке СЖ класы ретінде ерекшеленбейді.



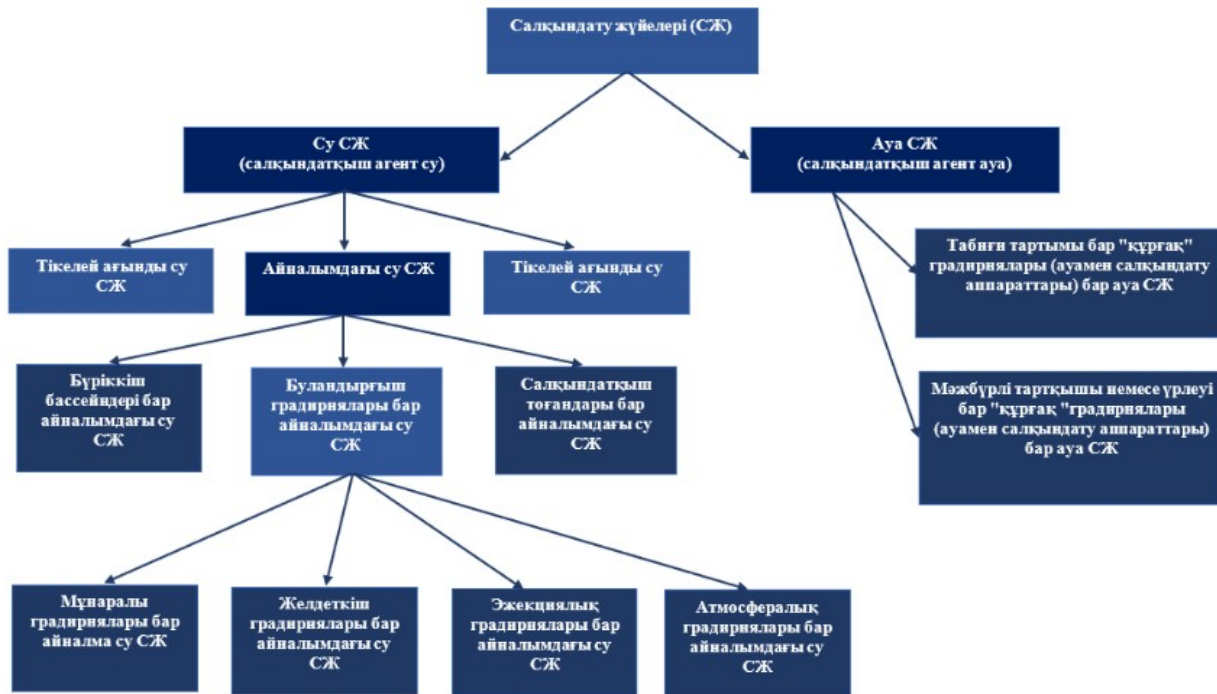
1 - ағынды тарататын құрылыс; 2 - ашық бұру каналы; 3 - жабық бұру каналдарындағы су деңгейін реттеуге арналған имарат; 4 - жабық бұру каналдары; 5 - блок конденсаторлары; 6 - ЖЭС бас корпусы; 7 - суқақпаны жылыту құбыры; 8 - блок конденсаторына циркуляциялық судың арынды құбырлары; 9 - ағызу сифонды құдығы (гидро жапқыш); 10 - блокты жағалау сорғысы; 11 - су қабылдағыш; 12 - ашық жеткізу каналы; 13 - өзен арнасы; 14 - бөгеттің темірбетон суағар; 15 - жер бөгеті

3.22-сурет. Салқындатқыш су қоймасы бар ЖЭС техникалық сумен жабдықтаудың айналым жүйесі

Атап айтқанда, барлық қолданылатын жіктеулер СЖ-ның нақты құрылымын нақты жіктеуге мүмкіндік бермейді. Сонымен, дәстүрлі түрде буландыратын жүйелерде жылудың едәуір бөлігі салқындатқыш мұнарадан өтетін ауаны жылыту арқылы шығарылады, табиғи тартқышы бар салқындатқыш мұнаралар көмекші желдеткіштермен жабдықталуы мүмкін және т. б. Осыған байланысты СЖ-ның кез-келген жіктелуі оның функционалды мақсатымен анықталатын жеткілікті шартты болады.

Осы ЕҚТ анықтамалығында 3.23-суретте келтірілген СЖ жіктемесі пайдаланылады. Ол СЖ ЕҚТ сәйкестендірудің нақты міндетін шешуге және СЖ қолданылатын конструкцияларды қоршаған ортаға, энергия тиімділігіне және табиғи ресурстарды тұтынуға ұқсас көрсеткіштері бар сыныптарға бөлуге бағытталған.

3.23-суретте көрсетілген жіктеуді негізге ала отырып, ЕҚТ анықтамалығында Қазақстанның энергетикасы мен өнеркәсібінде қолданылатын салқындату жүйелерінің 10 түрі қаралды.



3.23-сурет. Қазақстанда қолданылатын СЖ жіктеуі ЕҚТ анықтамалығында Қазақстанда қолданылатын салқындату жүйелерінің мынадай түрлері (сыныптары) қарастырылған:

- тікелей ағынды су салқындату жүйелері;
- бүріккіш бассейндері бар айналымдағы су СЖ;
- салқындатқыш су айдындары бар айналымдағы су СЖ;
- атмосфералық градирнялары бар айналымдағы су СЖ;
- мұнаралы буландырғыш градирнялары бар айналымдағы су СЖ (табиғи жолмен тартатын);
- желдеткіш буландырғыш градирнялары бар айналымдағы су СЖ (мәжбүрлі тартумен немесе үрлеудің астында);
- эжекциялық градирнялары бар айналымдағы су СЖ;
- табиғи тартымы бар радиаторлық градирнялары бар ауа СЖ;
- желдеткіш радиаторлық градирнялары бар ауа СЖ (мәжбүрлі тартумен немесе үрлеудің астында);
- аралас СЖ.

#### 4. Эмиссиялар мен ресурстарды тұтынуды болғызбауға және/немесе азайтуға арналған арналған жалпы ең қолжетімді техникалар

##### 4.1. Атмосфералық ауаға шығаруға болғызбауға және / немесе азайтуға арналған техникалар

###### 4.1.1. Шаң шығарындыларын болғызбау және / немесе азайту техникалары

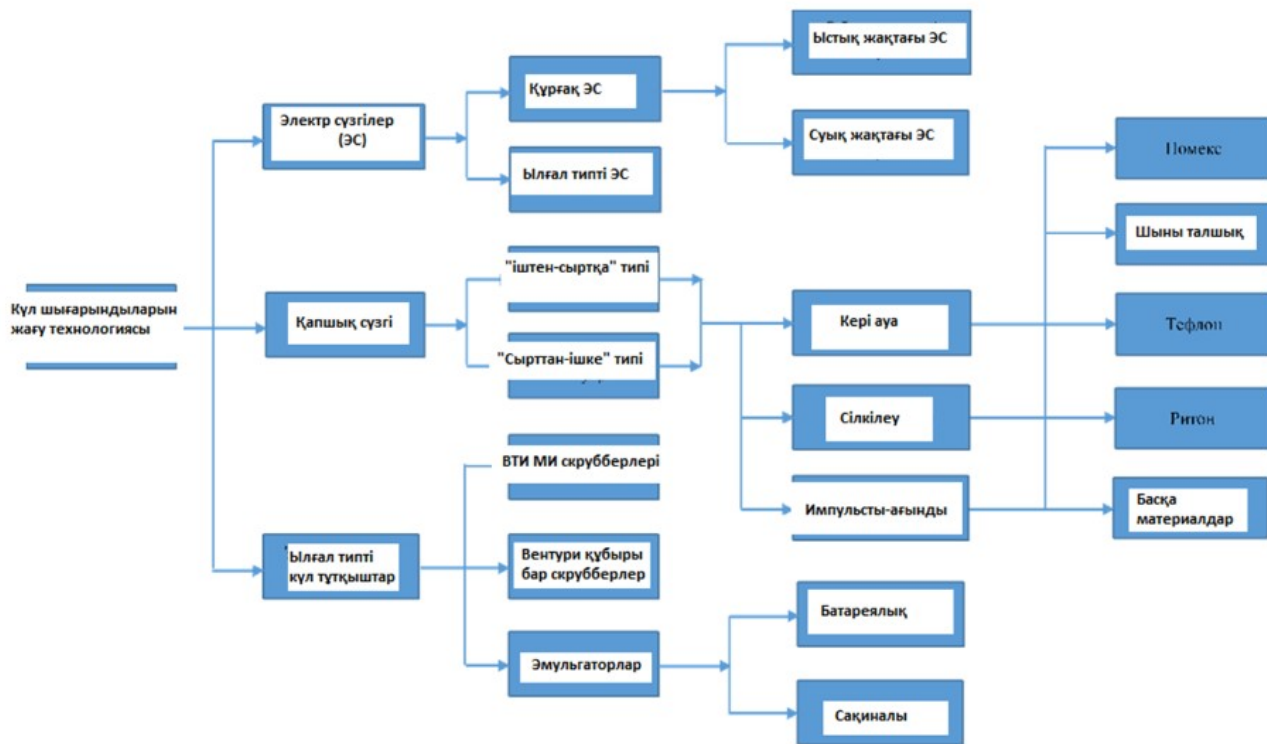
Қатты отынның қазба түрлерін жағу кезінде оның минералды бөлігі (бейорганикалық қоспалар) күлге айналады және ішінара қазандықтан түтін газдарымен ұшатын күл түрінде шығады. Түтін газдарында қалқыма бөлшектер (ұшпа күл) қатты бөлшектерді ұстауға арналған жабдыққа түседі. Ұшатын күлдің сипаттамалары мен мөлшері пайдаланылатын отынға, мысалы, көмірдің минералды құрамына және жану түріне байланысты. Бөлшектерді ұстау жабдықтарының өнімділігі мен сипаттамаларына көмірдің отын ретінде минералогиясына және ұшатын күлдің құрамындағы жанбаған көміртектің мөлшеріне байланысты ұшатын күлдің кедергісі мен когезиялық қабілетінің өзгеруі әсер етеді.

Түтін газдарынан қатты бөлшектерді шығару үшін электр сүзгілері (бұдан әрі - ЭС), қапшық сүзгілері (бұдан әрі - ҚС), ылғалды скрубберлер және эмульгаторлар сияқты әртүрлі технологиялар қолданылады. Механикалық тұтқыштар ЕҚТ-ға жатқызылмаған және алдын ала тазалау сатысында пайдаланылуы мүмкін. Қазақстанда ЖЭО-дағы түтін газдарын күл бөлшектерінен тазарту негізінен дымқыл күлтұтқыш-скрубберлерде (97-98,7 %), эмульгаторларда (99,5 % - ға дейін) жүзеге асырылады, мұнда күкірт диоксидінің аздаған мөлшері (8-12 %) тұтылып қалады. Батареялық эмульгаторлар - Қазақстан ЖЭО -ларында күлтұтқыш қондырғының кең таралған түрі. Блоктық көмір ЖЭС қазандықтарында негізінен электр сүзгілер орнатылған. Күл тұту дәрежесі орта есеппен энергия көздерінде - 99,5 %-дан аспайды.

Циклондар сияқты механикалық күлтұтқыштарды жеке-жеке пайдалану мүмкін болмағандықтан, бұл технологиялар осы құжатта қарастырылмайды және сипатталмайды.

Қазіргі уақытта қолданылатын күлтұтқыш қондырғыларға шолу 4.1-суретте келтірілген

Күлтұтқыш қондырғылардың жалпы тиімділігі мен бірқатар сипаттамалары 4.1-кестеде келтірілген.



4.1-сурет. Күлтұтқыш қондырғыларға шолу

4.1-кесте. Газ тазарту қондырғыларының жалпы тиімділігі

Р Техн икас с Ы №	Тазалау тиімділігі, %				Басқа параметрлері		Артықшылықтар ы м е н кемшіліктері
	<1 мкм	2 мкм	5 мкм	> 10 мкм	Параметрі	Шамасы	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Электр сүзгісі (ЭС)	>96,5	>98,3	>99,95	>99,95	Жұмыс температурасы	80-220 С (суық ЭС) 300-450 С (ыстық ЭС)	температураның кең диапазонында жұмыс істей алады;
1.1						Электр қуатының % ретінде энергияны тұтыну	0,1-1,8 %	төмен гидравликалық кедергісі кезінде (200 Па-дан аз) өте үлкен газ көлемін өңдей алады;
1.2						Қысымның түсіп кетуі	0,15-0,3 кПа	өте жоғары тазалау көлемін қоспағанда, төмен пайдалану шығындары;
1.3						Қалдық	Ұшпа күл	- кез-келген оң қысым жағдайында жұмыс істей алады;
1.4						Шығатын газдар бойынша өнімділік	> 200000 м <sup>3</sup> /сағ	ЭС тіпті аса ұсақ бөлшектер үшін өнімділігі өте жоғары;
1.5						Қолданылуы	Қатты және сұйық отын	ЭС пайдалану жағдайларының өзгерістеріне динамикалығы төмен;
1.6	Нарық үлесі	1000 МВт астам отын жағатын қондырғылар	жоғары кедергісі бар бөлшектермен жұмыс істемеуі мүмкін.					

2					Жұмыс температурасы	150 С (полиэстер) 260 С (шыны талшық)		
2.1					Электр қуатының % ретінде энергияны тұтыну	0,2–3 %	ауамен тазарту үшін 0,45–0,6 м/мин, сілкілеу үшін 0,75–0,9 м/мин және импульсті тазарту үшін 0,9-1,2 м/мин электр станцияларындағы сүзгілер үшін типтік шамалар;	
2.2					Қысымның түсіп кетуі	0,5-2,5 кПа	қапшықтың қызмет ету мерзімі көмірде күкірт мөлшері өсіп, сүзу жылдамдығы өскен сайын азаяды;	
2.3	Қапшық сүзгі (ҚС)	>99,6	>99,6	>99,9	>99,95	Қалдық	Ұшпа күл	жекелеген қапшық сүзгілердің істен шығуы жыл бойынша бекітілгеннен шамамен 1 %-ын құрайды;
2.4					Шығатын газдар бойынша өнімділік	<1100000 м <sup>3</sup> /сағ	жоғары газдинамикалық кедергі (тазалау құрылғысындағы қысымның көбірек төмендеуі және, сәйкесінше, түтін сорғыштың энергия шығынының артуы);	
2.5					Қолданылуы	Қатты және сұйық отын	жоғары бастапқы құны және пайдалану шығыны;	
2.6					Нарық үлесі	Жобалық шешімдер сатысында қолданылмайды	қысымның төмендеуі осы газдың ағыны үшін бөлшектердің мөлшері азайған сайын артады.	
3					Жұмыс температурасы	120-250 С (қазандықтың артына орнатылады)	екінші әсер ретінде ылғалды скрубберлер газ тәрізді ауыр металдарды алып тастауға және сіңіруге және SO <sub>2</sub> (12 % дейін) тұтып қалуға ықпал етеді;	
3.1					Электр қуатының % ретінде энергияны тұтыну	3 % дейін (5-15 кВтс/1000 м <sup>3</sup> )	құрғақ күл алудың мүмкін еместігі, күлде 10-15 % астам кальций оксиді болған кезде қолданылмайтындығы ;	
3.2					Су шығыны	0,8-2,0 л/м <sup>3</sup>	одан әрі тазалауды қажет ететін сарқынды сулар пайда болады;	
3.3	Вентури құбыры бар ылғалды скруббер	< 90	>98,3	99,9	> 99,9	Қысымның түсіп кетуі	3,0-20 кПа	шығатын газдардың төмен температурасы 40-50 ыС ыстық ауамен қосымша жылытуды қажет етеді, бұл қазандықтың тиімділігін төмендетеді;
3.4					Қалдық	Ұшпа күл шламы/ суспензиясы	салыстырмалы түрде төмен құны (электр сүзгілері мен қапшық сүзгілеріне қарағанда әлдеқайда арзан);	
3.5					Нарық үлесі	Негізінен көмірмен жұмыс істейтін су		

						жылыту қазандықтарында	күлді тұтып қалудың төмен дәрежесі 98,7 % дейін ( жоғары суару кезінде 99-99,2 % дейін);
4						Жұмыс температурасы	120-250 С ( шығатын газдардың төмен температурасы 40-50 ыстық ауамен қосымша жылытуды қажет етеді;
4.1						Электр қуатының % ретінде энергияны тұтыну	3 %-ға дейін (5-15 (кВтс/1000 м <sup>3</sup> ))
4.2	Эмульгатор	< 96,5	>98,3	99,9	> 99,9	Су шығыны	0,2-0,4 л/нм <sup>3</sup>
4.3						Қысымның түсіп кетуі	30-200 (102 Па)
4.4						Қалдық	Ұшпа күл ш л а м ы / суспензиясы
4.5						Нарық үлесі	Ж Э О қазандықтарының көпшілігі

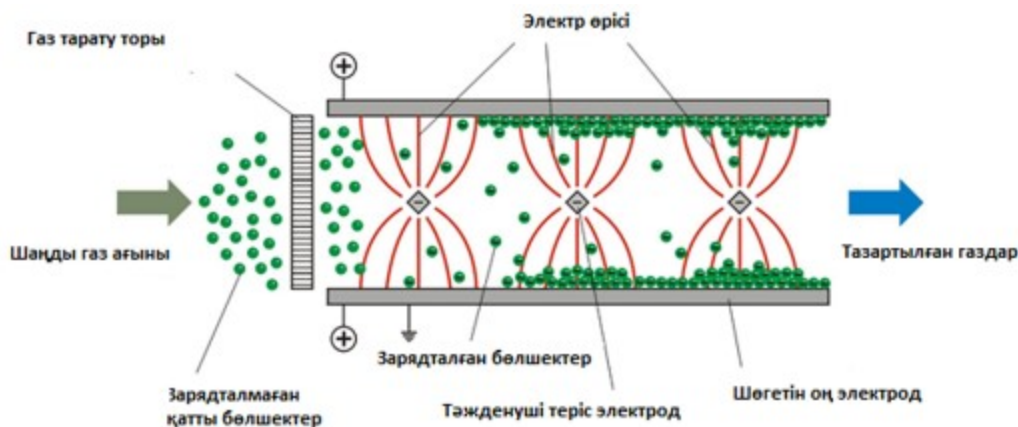
#### 4.1.1.1. Электр сүзгісі

ЖЭС-тегі тиімді күлтұтқыштарға гидравликалық кедергісі 200 Па аспайтын кезде газдарды қатты бөлшектерден 99-99,8 % тазалау дәрежесі бар электр сүзгілері (ESP) жатады.

ЭС жұмыс қағидаты төмендегідей. Тозаңданған газ ағыны газ тарату торынан өтіп, шөгінді электродтардан пайда болған каналдарда қозғалады, олардың арасында белгілі бір қашықтықта корона электродтары орналасқан (4.2-сурет). Әдетте электрод аралығының ені (көрші шөгінді электродтар арасындағы қашықтық) 250-500 мм құрайды.

Теріс полярлықтың жоғары кернеуі корона электродтарына жеткізіледі, ал шөгінді электродтар жерге қосылады. Электрод аралық қашықтыққа және күл мен түтін газының физика-химиялық қасиеттеріне байланысты кернеу мәні 30-100 кВ құрайды. Электр өрісінің кернеулігі (критикалық мән деп аталатын)  $E_K$  -нің белгілі бір мәнінен жоғары болған кезде түтін газдарының иондалуы короналы разрядтың тұтануымен бірге жүретін короналы электродтардың жанында жүреді.



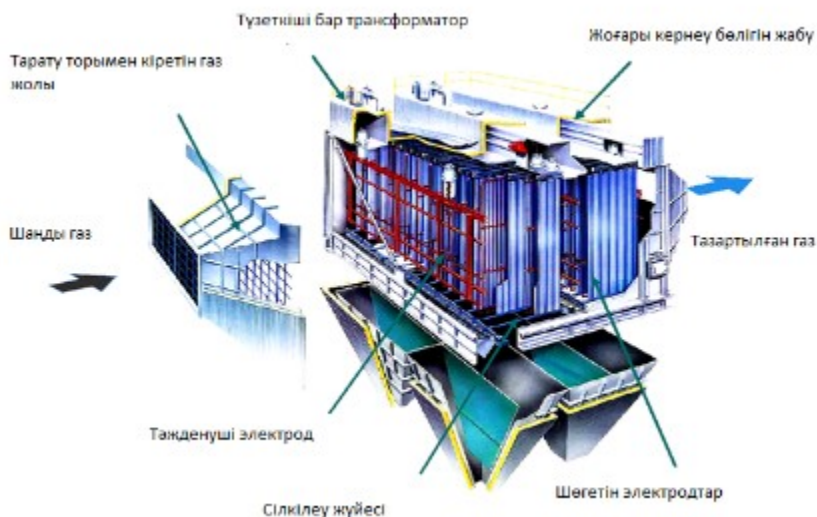


4.2-сурет. Электр сүзгісінің жұмыс істеу қағидаты

Корона разряды бүкіл аралыққа таралмайды, бірақ шөгінді электрод бағытында электр өрісінің күші азайған сайын өшеді.

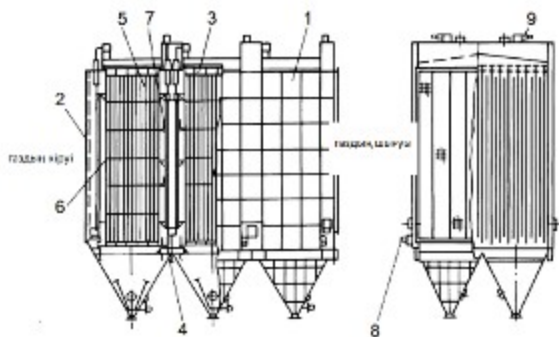
Әр түрлі полярлықтағы газ иондары және тәж шығару аймағында пайда болған электрондар электр өрісі күштерінің әсерінен әр түрлі электродтарға ауысады, нәтижесінде электрон аралық кеңістікте корона тогы деп аталатын электр тогы пайда болады. Иондар адсорбцияланатын қатты бөлшектер электр зарядын алады және электр өрісі күштерінің әсерінен электродтарға қарай жылжиды. Бұл жағдайда бөлшектердің негізгі бөлігі теріс зарядталады, өйткені короналы электродтардың жанында пайда болған оң иондар электр өрісінің күштерінің әсерінен күл бөлшектерінің бетіне адсорбциялауға уақыт болмай, осы электродтарға кетеді. Осылайша, күл бөлшектерінің негізгі мөлшері шөгінді электродтарға, ал кішкене бөлігі короналы электродтарға түседі.

Белгілі бір уақыт аралығында электродтар соққы механизмін қолдана отырып шайқалады. Ауырлық күшінің әсерінен күл бөлшектері шөгінді электродтар астындағы бункерге түседі, одан күл қоймаға немесе күл үйіндісіне тасымалданады. Стандартты құрғақ типті электр сүзгісінің схемасы 4.3-суретте көрсетілген.



4.3-сурет. Стандартты құрғақ электр сүзгісінің жалпы көрінісі

Күл тұтудың тиімділігі және электр сүзгісінің электр энергиясын тұтынуы көбінесе оның конструкциясы мен жұмыс режиміне байланысты. Ол сондай-ақ қатты отын қасиеттеріне (құрамы және МЭК күлдің үлестік электр кедергісі, күл, көмірдегі ылғал және күкірт мазмұны) және қазандық қондырғының сипаттамаларына (электростатикалық тұндырғышқа кіре берістегі түтін газының температурасы, артық ауа, механикалық күйік шамасы) байланысты. Көбінесе механикалық толық жанбаудың өсуі күлдің электрлік кедергісін оңтайлы мәндерден төмен төмендетеді, бұл ұсталған күлдің ағынға оралуын арттырады (қайталама алып кету) және тиімділікті төмендетеді. Қазіргі уақытта ЖЭС-те қолданылып жүрген электрсүзгілердің конструкциясы әдетте көлденең болады, оның артықшылығы - оңай жүйелеп орналастыруға болатын бірнеше жекелеген электр өрістерімен жоғары тиімділік қамтамасыз етіледі. Өрістер саны қажетті жалпы тиімділікке байланысты. ЭС-ны ұзындығы бойынша жеке өрістерге бөлуден басқа, әр электр өрісі көбінесе ені бойынша бөлімдерге бөлінеді. Екі секциялы үш полюсті электрсүзгінің бір түрі 4.4-суретте көрсетілген.



1-корпус; 2-газ тарату торы; 3-шөгінді электрод; 4-шөгінді электродтарды шайқау механизмі; 5-короналы электрод; 6-короналы электродтарды ілу жақтауы; 7-короналы электродтарды шайқау механизмі; 8,9-шөгінді және короналы электродтарды шайқау жетегі

4.4-сурет. Үш қабатты екі секциялы электр сүзгісі

#### 4.1.1.2. Жылжымалы электродтары бар электр сүзгілері

Көп өрісті электрсүзгілерінде газдың қозғалу жылдамдығына қарай тұтып қалу тиімділігі төмендейді, бұл шөгінді электродтардың ұсақ бөлшектерінің артуына байланысты және сілҚҚ жүйесі шөгінді электродтарды толық тазарта алмайды, оған қоса екінші рет әкету үлесі де артады. Электрсүзгінің жұмысындағы осындай кемшіліктерді жою үшін жылжымалы электродтары бар шығыс өрістің орындалуы бар электрсүзгінің конструкциясы әзірленді (4.5-сурет). Мысалы, Үндістандағы ЖЭС-те 500 МВт блоктары бар электр сүзгілерін қайта құру МНPS технологиясы бойынша орнатылған жылжымалы электродтарды орнату арқасында электрсүзгінің олданыстағы өлшемдерімен тұту тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Шығатын газдардағы күлдің концентрациясы  $500 \text{ мг/нМ}^3$ -тен  $50 \text{ мг/нМ}^3$ -ке дейін 10 есе азайтылды.

Қазақстанның ЖЭС электрсүзгілері әртүрлі жылдарда орнатылған және күлді ұстап қалу тиімділігі әртүрлі. Екібастұз көмірімен жұмыс істейтін қуатты энергия блоктарына орнатылған электрсүзгілердің көпшілігі электрсүзгіден кейін  $400 \text{ мг/нМ}^3$  аспайтын күлдің жиналуын қамтамасыз етеді.

Электрсүзгілердің мынадай артықшылықтары бар:

құрғақ түрде ұсталған күлді алу мүмкіндігі;

төмен гидравликалық кедергі ( $0,2-0,4 \text{ кПа}$  артық емес);

жұмысының сенімділігі және қызмет көрсету оңай;

түтін газдарының үлкен көлемін өңдеу мүмкіндігі ( $1000000 \text{ нМ}^3/\text{сағ}$  астам);

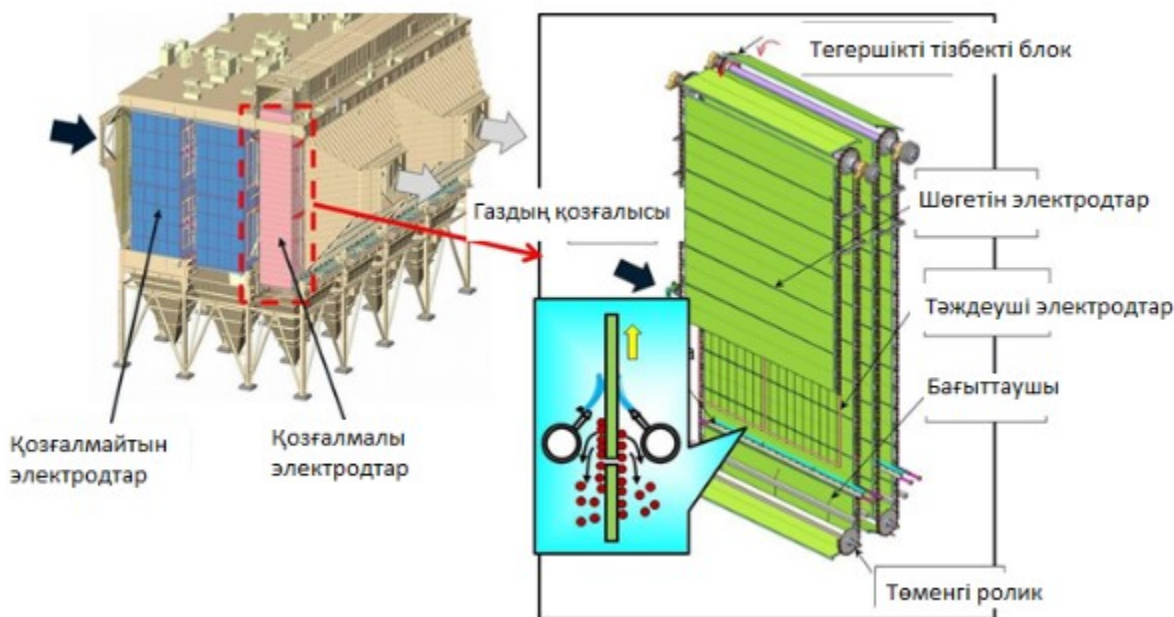
пайдалану шығындарының аздығы.

Электрсүзгілердің кемшіліктері:

ұсақ бөлшектерді ұстаудың жоғары дәрежесі жеткіліксіз;

күлтұтқыш тиімділігінің МЭК күлге тәуелділігі;

көмір құрамы өзгерген кезде жұмыс тиімділігін төмендету мүмкіндігі.



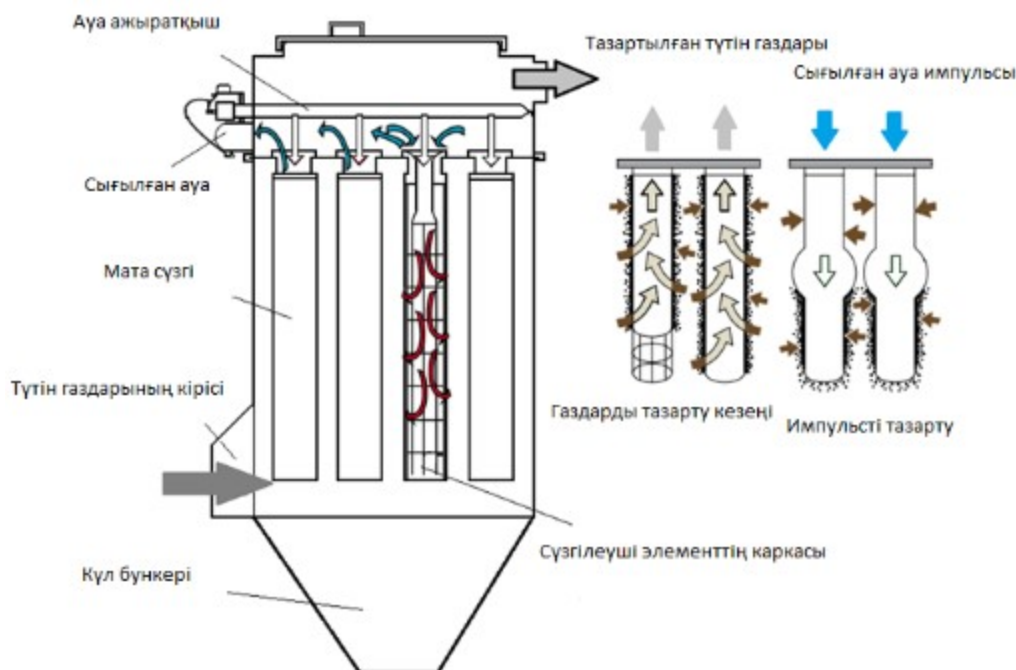
4.5-сурет. Жылжымалы электродтары бар электр сүзгісі

#### 4.1.1.3. Матадан тігілген (қапшық) сүзгілер

Дамыған және тез дамып келе жатқан елдердегі бөлшектердің шығарындыларына қатаң нормативтік шектеулер, ең бастысы, ұшатын күлдің ең ұсақ фракциясының шығарындыларына қабылданған шектеулер күлді тұту жүйелерінде матаның, негізінен қапшық сүзгілердің кеңінен қолданылуына әкелді. Қытайда ағымдағы онжылдықта 2020 жылға дейін  $30 \text{ мг/М}^3$ -ден аз күл шығарындыларының реттелетін деңгейі бар екі бақыланатын аймақтың бағдарламасы аясында жалпы қуаттылығы шамамен 220 ГВт болатын жаңа жабдықта электр сүзгілерін емес, қапшық сүзгілерді енгізу жоспарланып отыр.

Матадан жасалған (қапшық) сүзгі синтетикалық полимер материалынан немесе шыны талшықтан жасалған сүзгі қапшықтары арқылы күлді сүзгілеу кезінде ұстап қалу қағидаты бойынша жұмыс істейді және көбінесе күлдің қалыптасқан қабатынан сүзіп алу арқылы жүзеге асырылады.

Энергетикада қолданылатын қапшық сүзгілер құрылымы, сүзгілерді тазарту әдістері (шайқау, кері үрлеу, пневмоимпульсті тазалау) және қолданылатын материалдары бойынша ерекшеленеді. Ең көп таралған конструкциясы - тазартылатын газ сырттағ ағып келіп сүзгі арқылы және сүзгінің импульстық тазартуынан өтетін сым тірекке тігінен тігілген шағын (картридждік) сүзгілер. Тазалау үшін жоғары жылдамдықтағы клапан арқылы импульстік түрде қапшыққа айдалатын сығылған ауа қолданылады. Бұл жағдайда мата созылып, инерциялық күштер мен мата арқылы шығатын ауа әсерінен күлдің жиналған қабаты бөлініп, ауырлық күшінің әсерінен төменде орналасқан бункерге түседі (4.6-сурет).



4.6-сурет. Импульстік тазалағышы бар қапшық сүзгісінің схемасы

Сүзгі материалын таңдау күлдің, түтін газының және құрылымның сипаттамалары мен қасиеттеріне байланысты. 4.2-кестеде кейбір қолданылатын материалдардың сипаттамалары келтірілген.

4.2-кесте. Қапшық сүзгілер материалдарының сипаттамасы

Р / Материалы №	Тығыздығы г/м <sup>2</sup>	Жұмыс температурасы	Салыстырмалы тұрақтылығы (1-ден 5-ке дейінгі баллдарда) к				
			Қышқыл	Сілтілік	Гидролиз	Тотығу	Абразивтілік
12	3	4	5	6	7	8	9

1	Полипропилен (PP)	550	90	5	5	5	3	5
2	Полиэстер (PES)	550	135	4	2	1	5	5
3	Дралон Т (РАС)	500	125	4	3	4-5	3	3-4
4	Полиэфир (PE)	550	150	3	4	4	2	3
5	Полифенилсульфид (PPS)	550	180	4	4	5	1	3
6	Номех (АРА)	550	200	1	4	2	3-4	5
7	m-Агамид (МА)	550	200	3	3	3	2	
8	Полиимид (PI)	550	240	4	2	2	-	4
9	Тефлон (PTFE)	580	230	5	5	5	5	3
10	Фиброглас (GLS)	580	240	4	3	5	5	1

Электр сүзгімен салыстырғанда қапшық сүзгінің артықшылығы - тиімділігі жоғары және көлемі кіші, ұшатын күлдің электростатикалық қасиеттерінен тәуелсіз болуы, осының бәрі жанармай мен олардың қоспаларының кең спектрін пайдалануға мүмкіндік береді. Ұапшық сүзгінің жұмысы газдардың температурасы шық нүктесінен жоғары болған жағдайда қазандықтың жұмыс режиміне тәуелсіз болады.

Басқа күлтұтқыштармен салыстырғанда қапшық сүзгінің артықшылығы - түтін газын тазартудың жоғары дәрежесі (қазіргі заманғы сүзгі қапшықтарының шығысындағы күл концентрациясы 10-20 мг/Нм<sup>3</sup> аспайды) және ұсталған күлдің электр кедергісінен тазарту тиімділігінің тәуелсіздігі болып табылады.

Қапшық сүзгілердің кемшілігі - пайдалану шығындарының жоғарылығы және жоғары гидравликалық кедергісінің болуы (2000 Па дейін). Жоғарыда аталған кемшіліктерге қарамастан, қапшық сүзгілер аппараттан шығу кезінде 10 мг/м<sup>3</sup> дейін қатты бөлшектердің шоғырлануын қамтамасыз ете отырып, ЖЭС-те шетелдік дамыған елдерде қолданылатын күлтұтқыштардың негізгі түрі болып табылады.

Қапшық сүзгілерді РМ 2,5 фракциясы бойынша (өлшемі 2,5 мкм-ден аз) стандарттарды орындау үшін жасауға болады, оны электр сүзгілерінде қамтамасыз ету мүмкін емес немесе өте қиын. Сонымен қатар, ұсақ бөлшектерді ұстау арқылы қапшық сүзгілер химиялық реактивті және конденсацияланатын зиянды газдар мен аэрозольдерді жинауға және алып тастауға мүмкіндік береді.

Ресейде қапшық сүзгілер Екібастұз көмірін жағатын екі ЖЭС-ке орнатылды: Рефтинск МАЭС және Омбы ЖЭО-5. Рефтинск МАЭС-інде қуаты 300 МВт №4 және №5 энергия блоктарының түтін газын тазарту үшін «Альстом» фирмасының екі қапшық сүзгісі қолданылады, ал қуаты 500 МВт №7 блокта «Клайд Бергеманн» фирмасының бір қапшық сүзгісі қолданылады. «Люхр Филтр» фирмасының қапшық сүзгісі Омбы ЖЭО-5 қуаттылығы 150 МВт қазандыққа орнатылған.

Күлі көп Екібастұз көмірінің жоғары омық күлін тұтып қалуға арналған қапшық сүзгіні қолдану тәжірибесі Қазақстандық ЖЭС үшін ерекше қызығушылық туғызып отыр және осы күлтұтқыштарды ЕҚТ анықтамалығына енгізуге негіз болуы мүмкін.

#### **4.1.1.4. Эмульгаторлар**

Соңғы жиырма жылдықта Қазақстан ЖЭС-те ұшпа күлдің мөлшерінің ғана емес, үлестік шығарындыларының да азайтылуы скрубберлерді көптеп эмульгаторларға ауыстыруға байланысты болып отыр. Күлтұтқыш тиімділігі 99 %-дан жоғары эмульгаторлар алғаш рет өткен ғасырдың 80-жылдары Қазақстан Энергетика ҒЗИ-да әзірленіп, зерттелді.

Күлді тұтып қалуға арналған эмульгаторлардың жұмыс қағидаты - эмульсия қабатын қалыптастыру үшін қалақша аппараттарында бұралған түтін газдарының бұралғыштарының жоғары ағыны мен қарсы ағынмен берілетін сұйықтық арасындағы жоғары тиімді масса алмасу қалыптастыру (басқа терминдерде: фазалық инверсия режимі, көбік қабаты). Сонымен қатар, әр фазаның құйындарының олардың бөліну шекарасы арқылы енуіне байланысты үнемі жойылып, қайта қалпына келетін фазалық беті күрт артады, яғни сүзілген сұйық шаңның шөгуіне мүмкіндік береді [84].

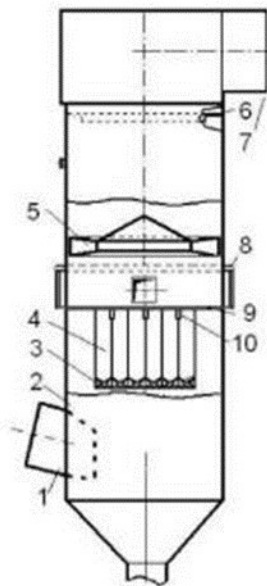
Қазіргі уақытта эмульгаторлардың екі негізгі түрі қолданылады: II буынды батареялық және шығыршықты. II буынды заманауи батареялық эмульгатордың конструкциясы 4.7-суретте көрсетілген.

Түтін газдары I корпусының төменгі бөлігіне 2 газды енгізу түтігі арқылы енеді және 4 бұрағыштың параллель орналасқан суармалы саптамаларына кіреді, онда олар 3 бұрағыштың қалақшаларымен интенсивті түрде бұралады.

Су түріндегі суландыратын сұйықтық 8 коллекторға беріледі, ол жерден 9 су тарату құбырына келіп құйылады, құбыр тесіктерінен - 10 су тарату стақандарына және одан әрі стақандардағы тесіктер арқылы әрбір саптамаға құйылады. Су айналмалы газ ағынымен әрекеттескенде, қалақшалардың үстінде жиналатын көбікті айналмалы қабат пайда болады. Бұл қабаттың айналуы оның турбулизациясына ықпал етеді, фазааралық



контактілік беткей мен оның жаңаруы артады. Жоғары дамыған беткейі бар көбік қабатында газ ағыны құйынды саптамалардың қалақшалары арқылы өткеннен кейін қалған күлдің ұсақ бөлшектері ұсталады.



1 - кіріс құбыры, 2 - корпус, 3 -бұрағыш, 4 - бұрағыш саптамалары, 5 - қалақты тамшылатқыш, 6 - шой шығыршығы, 7-газды шығару келте құбыры, 8 - суару торабының коллекторы, 9 - су тарату құбырлары, 10-су тарату стакандары.

#### 4.7-сурет. Екінші буынды батарея эмульгаторының схемасы

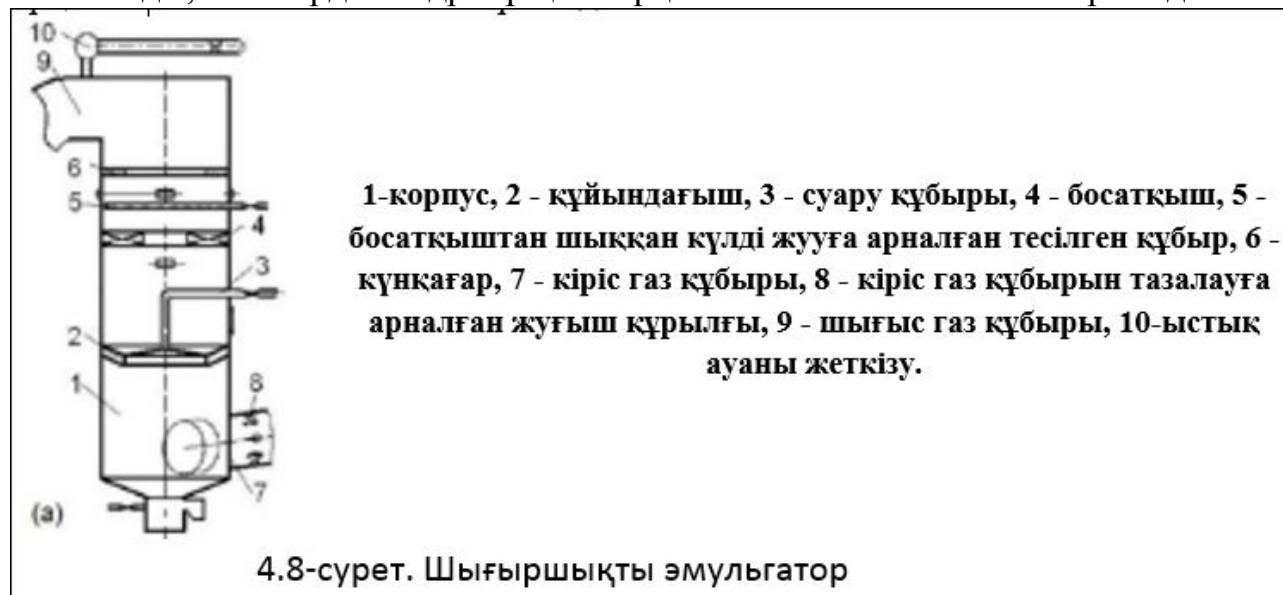
Ұсталған күлі (қойыртпақ) бар пайдаланылған сұйықтық 4 құйғыш саптамасының 3 қалағы арқылы күл жуу аппаратына ағызылады.

Эмульсиялық қабатта тазартылғаннан кейін түтін газдары 5 қалақты тамшылатқышқа түседі, онда айналу жылдамдығын жоғалтқан газдар түтін газдарынан су тамшыларын бөліп алу үшін қосымша бұралады, ал тамшылатқыштан шыққан кезде қалған бөлінбеген су тамшылары Джек шығыршығының астына жиналады 6 және одан әрі газды тазарту процесіне қатысу үшін тамшылатқыштың қалақшалары арқылы біріктіріледі.

II буынды батареялық эмульгаторларды монтаждау арқылы күлтұтқыш қондырғыларды сәтті реконструкциялау Екібастұз көмірімен жұмыс істейтін Петропавл ЖЭО-2, Степногорск ЖЭО, «АлЭС» АҚ ЖЭО-2 қазандықтарында жүргізілді. Орнатылған құрылғылардың тиімділігі 99,3 - 99,6 % құрады. Өскемен ЖЭО қазандықтарында батареялық эмульгаторлар сәтті енгізілді. Бұл қазандықтардағы күлтұтқыш тиімділігі 99,2 %-дан асады.

Шығыршықты эмульгатордың конструкциясы 4.1.8-суретте көрсетілген. Шаңды газдар тангенциалды кіріс арқылы 1 корпусының төменгі бөлігіне 2 бұрағыштың астына түседі және ол арқылы корпусының жоғарғы бөлігіне бұралған түрде енеді. 3 суару құбыры арқылы суарылатын су айналмалы сұйықтық ваннасын қалыптастыру үшін 2 бұрағыш табағына беріледі. Газдың белгілі бір жылдамдығында сұйықтық пленка және

ағын түрінде басталып, пластинадан ағып, түтін газдарымен араласып, газ сұйықтығы эмульсиясын қалыптастырады, ол уақыт өте келе корпусының қабырға аймағында құйынның үстінде жиналады. Стационарлық режимге шыққан кезде газ-сұйықтық және тұтылған күлі бар қойыртпақ ауырлық күшінің әсерінен корпусының конустық түбіне ағызылады, сол жерден гидротұтқыш арқылы ГКС каналына шығарылады.



Эмульсиялық қабатта жуылғаннан кейін түтін газдары құйындағыштың үстіндегі көлемде айналмалы қозғалысты жалғастыра отырып, 4 құйындағыштан өтеді, онда олар қосымша бұралады. Осы айналудың арқасында эмульсиялық қабаттың жоғарғы шекарасында көпіршіктер жарылған кезде пайда болатын және орталықтан тепкіш күштердің әсерінен одан шығатын целлюлоза тамшылары скруббердің қабырғасына күнқағарға дейін 6 бөлінеді. Сұйық пен газ арасындағы жылу мен масса алмасудың жоғары деңгейіне байланысты айналмалы көбік қабатында (фазалық инверсия режимі) қатты бөлшектер (күл, шаң) жоғары тиімділікпен ұсталады. Қатты бөлшектер мен тамшылардан тазартылған газдар эмульгатордан шығатын 9 газ құбырына шығарылады.

Бұл құрылғы үшін газды тазарту тиімділігінің анықтаушы факторлары-эмульсия қабатының құйындағыштың үстінде таралу биіктігі мен біркелкілігі. Орталықтан тепкіш күштердің әсерінен айналатын көбік (эмульсия) қабатындағы қысымның жоғарылауы тек кішкене көбік көпіршіктерінің тұрақты болуын анықтайды, бұл фазалардың жанасу бетін бірнеше есе арттырады және жылу - масса алмасу процестерін күшейтеді, бұл газ бен сұйықтықтың ағып кетуіне ықпал етеді.

Суландыратын сұйықтықтың шығыны шамамен  $0,2-0,24 \text{ л/нм}^3$  газды құрайды.

Тазартылған газдардың температурасы  $40 - 50 \text{ }^\circ\text{C}$  және салыстырмалы ылғалдылығы  $100 \%$  жуық, сондықтан газ өткізгіштің қабырғаларында, түтін сорғышта және түтін құбырында конденсаттың пайда болуын болғызбау және коррозияның алдын алу үшін эмульгатор мен түтін сорғыштың арасындағы газ құбырына ауа жылытқыштың екінші



сатысынан тазартылған газдардың температурасын 70 - 80 нС дейін көтеретін ыстық ауа беріледі.

Ресейдегі ЖЭС түтін газын тазарту үшін шығыршықты эмульгаторларды сәтті қолданудың мысалы 2005-2009 жылдары Оңтүстік Орал МАЭС дымқыл скрубберлерін Кочтың шығыршықты эмульгаторларына ауыстыру болып табылады. Нәтижесінде күлтұтқыштың тиімділігі 99,5-99,7 %-ға дейін көтерілді. Қазақстанда шығыршықты эмульгаторлар «Арселор Миттал Теміртау» ЖЭО-2 қазандықтарына орнатылды.

Эмульгаторлардың артықшылықтары:

түтін газын тазартудың жоғары тиімділігі (99.7 % дейін);

көлемдері шағын;

құны салыстырмалы түрде төмен (эмульгатордың құны бірдей жұмыс жағдайы мен тазалау тиімділігі үшін ЕҒ құнынан шамамен 2 есе төмен);

ұсақ бөлшектерді ұстап қалудың жоғары тиімділігі.

Эмульгатордың кемшіліктеріне мыналар жатады:

құрғақ күл алудың мүмкін еместігі;

қазандықтың жұмыс режимдерінің өзгеруіне сезімталдық;

тамшы пайда болуы, бұл газ құбырлары мен мұржаларда шөгінділердің пайда болуына әкеледі;

эмульгатордан шығатын түтін газдарын жылыту қажеттілігі;

күлдегі кальций оксиді мөлшері 10 %-дан артық болған кезде эмульгаторларды пайдаланудың мүмкін еместігі.

Эмульгатордан шығатын түтін газдарын жылыту қажеттілігіне байланысты қазандықтың тиімділігінің төмендеуі артық ауаның үлесіне байланысты 1-3 % құрайды. Сонымен қатар, ауа жылытқышы арқылы артық ауаның өтуі түтін газдарының терең салқындауына және температура бойынша есептелген шығатын газдармен жылу шығынын азайтуға және қазандықтың артындағы артық ауаға әкеледі. Алайда шығындарға артық ыстық ауаның қоспасымен түтін газдарына берілген жылуды қосу керек.

Осы ЕҚТ бойынша Қазақстан Республикасының ЖЭО орта кәсіпорнының үлгісімен экономиканы есептеу мысалы келтірілген (2-қосымшаны қараңыз), ол күлді тұту үшін қазандық агрегаттарында II буынды батареялық эмульгаторларды орнатуды жоспарлап отыр.

#### **4.1.2. Күкірт диоксиді шығарындыларын болғызбау немесе азайту техникалары**

Жылу энергиясының ең толғақты мәселелерінің бірі - қоршаған ортаны органикалық отынның жану өнімдерінің зиянды газ тәрізді компоненттерінен, мысалы, күкірт пен

азот оксидтерінен қорғау. Бұл ретте түтін газдарын күкірт отындарын жағу кезінде пайда болатын күкірт оксидтерінен ( $\text{SO}_2$  - 99 %-ға дейін және  $\text{SO}_3$ -1 % - ға дейін) тазарту неғұрлым күрделі болып табылады.

Күкіртті газ ( $\text{SO}_2$ ), қоршаған ортаның ең зиянды ластағыштарының бірі болып табылады.

Қазандық агрегатынан күкірт диоксидінің эмиссиясын қысқарту бойынша қандай да бір техникті таңдау кезінде мынадай талаптарды ескеру қажет:

негізгі өнім өндірісінің өзіндік құнының өсуі көп болмауы тиіс;

пайдаланылған реагенттер қымбат және тапшы болмауы керек;

технологиялар отынның жану режимі мен қазандық өнімділігінің ықтимал өзгеруіне икемді болуы қажет;

жабдықтардың коррозиясы барынша азайтылуы тиіс;

қондырғыдан шығарылатын газдарда күкірт ангидридін ең аз мөлшері болуы керек, ал олардың температурасы атмосферада жақсы сейіледі қамтамасыз ету үшін жеткілікті деңгейде жоғары болуы керек.

технологиялық жабдықтарды реконструкциялаудың ең төменгі ықтимал көлемі және үлкен аумақтарды талап етпеуі керек.

Түтін газдарынан күкірт диоксидін алудың қандай да бір технологиясының қолданылуы газдың өзіне (температураға, ылғалдылыққа және әсіресе  $\text{SO}_2$  құрамына), сондай-ақ көмірдің минералды бөлігінің қасиеттері мен құрамына байланысты. Жалпы алғанда,  $\text{SO}_2$ -ден түтін газын тазартудың барлық әдістері өте қымбат екенін атап өтуге болады.

Қатты отындағы күкірт үш формада болады: колчеданды  $\text{FeS}_2$ , органикалық және сульфаттық. Жалпы алғанда, қатты отын немесе газ тәрізді өнімдерді жаққан кезде пайда болатын күкірт мөлшерін азайтудың және сол арқылы атмосфераға күкірт диоксидінің эмиссиясын азайтудың үш әдісі бар:

1. Күкіртті қосылыстар мен көмір күлінің концентрациясын азайту жолымен көмірді күкірттен оны жаққанға дейін, оны қайта өңдеу процесінде (механикалық, биологиялық, термиялық) тазарту.

2. Жағу кезінде күкірт диоксидін азайтудың технологиялық әдістері: а) көмірді газдандыру; б) сорбенттерді, мысалы, әктасты қазандық оттығына беру жолымен.

3. Күкірттен тазарту (түтін газын күкіртсіздендіру - ДС), яғни түтін газдарын белсенді сорбенттермен өңдеу арқылы жаққаннан кейін түтін газдарынан  $\text{SO}_2$  алу.

Қарағанды көмірін байытуды және энергетикада пайдаланылатын өнеркәсіп өнімін алуды қоспағанда, Қазақстанда энергетикалық көмірге арналған бірінші әдіс іс жүзінде пайдаланылмайтынын атап өткен жөн. Сондай-ақ Екібастұз көмірін аз мөлшерде құрғақ байыту бойынша жұмыстар басталғанын атап өтуге болады.

Газдандыру арқылы көмірді күкірттен тазарту технологиясы әлеуеті зор, себебі кейіннен көмірқышқыл газын алу арқылы көмірді газдандыру әдісі, көмір энергетикасын төмен көміртекті дамытудың перспективалық әдістерінің бірі болып табылады.

Жылу энергетикасында атмосфераға күкірт оксидтерінің эмиссиясын төмендетуге арналған негізгі технология арнайы күкірттазарту аппараттарында - күкіртсіздендіру қондырғыларында күкірт диоксидін ұстап қалу технологиясы болып табылады. Газды күкірт диоксидінен тазартудың барлық технологиялары  $SO_2$ -нің белсенді сорбенттермен өзара әрекеттесуіне және олардың бейтарап қосылысқа (күл үйінділерінде сақталады) немесе әрі қарай пайдаланылатын тауарлық өнімдерге ауысуына негізделген. Белсенді сорбенттер ретінде салыстырмалы түрде арзан табиғи (әктас, бор, магнезит, доломит және басқалары) немесе жасанды (әк, аммиак, сода және басқалары) реагенттер қолданылады.

$SO_2$  эмиссиясы бойынша талап етілетін нормативтерді әртүрлі тәсілдермен қамтамасыз ету. Бұл ретте қандай да бір технологияны таңдау техникалық-экономикалық сипаттамалармен айқындалады. Бірақ тұтастай алғанда, талдау төмендегілерді көрсетеді:

қажетті күкірттен тазартудың аз дәрежесі кезінде (30-35 %) аз шығынды технологиялар (ЖЭС-тің қолда бар жабдықтарын: қазандықтардың жағу камераларын, газ жолдарын, құрғақ және дымқыл күлтұтқыштарды пайдалану) мақсатқа сай, бұл ретте белсенді қымбат реагентті пайдалануға болады;

қажетті күкірттен тазартудың үлкен дәрежесінде (85 % және одан да көп) арзан реагенттерді пайдаланатын қымбат технологиялар қажет.

Күкірттен тазарту технологиялары келесі үш негізгі белгілер бойынша жіктеледі:

1.  $SO_2$  байланыстыру үшін қолданылатын реагенттердің агрегаттық күйіне сәйкес, олар өз кезегінде төмендегілерге бөлінеді:

әр түрлі типтегі және конструкциялы абсорберлерде сіңіргіш ерітінділермен газдарды жууға негізделген дымқыл әдістер;

дымқыл құрғақ (жартылай құрғақ) әдістер су-әк суспензиясын пештің жоғарғы бөлігіне немесе қазандықтың газ құбырына енгізуді қарастырады, нәтижесінде соңғы тазарту өнімі құрғақ болады;

құрғақ қатты сорбенттермен  $SO_2$  - сіңіруге негізделген, бұл ретте не газдар түйіршікті сіңіргіш қабаты арқылы сүзіледі, не газдарға қалқыма күйде  $SO_2$ -мен - құрғақ аддитивпен әрекеттесетін көпіршіктелген қатты сіңіргіш енгізіледі.

2. Реагенттердің болуы немесе болмауы бойынша, олар өз кезегінде төмендегідей бөлінеді:

циклдік;

циклдік емес.

3. Өз кезегінде былайша бөлінетін күкірттен тазарту процесінің соңғы өнімін кәдеге жарату бойынша:

тауарлық өнім алатын технология;

тауарлық өнім алмайтын технология.

Электр станцияларының күкірттұтқыш қондырғыларының ерекшеліктеріне олардың ірі масштабтылығы жатады. Күкірттұтқыш қондырғылар алып жатқан алаң электр станциясының негізгі құрылыстарының алаңымен шамалас. Күкірттұтқыш қондырғыларды пайдалану барысында реагенттердің (эктас, әк, аммиак және т.б.) едәуір мөлшері тұтынлады және тауарлық құндылыққа ие болуы мүмкін күкірттұтқыш қалдықтардың тиісті мөлшерін қалыптастырылады. Электр станцияларының түтін газдарынан 1 тонна күкірт оксидін алу үшін 1,8 тонна эктас қажет.

Түтін газын күкірт диоксидінен тазарту кезінде алынатын химиялық өнім таңдалған технологиялық процеске байланысты. Аммиак-циклдық әдіспен тазалау кезінде дайын өнім ретінде 100 % сұйытылған күкірт диоксиді мен аммоний сульфатын алуға болады. Магнезит әдісін қолданған кезде аралық өнім алынады - магний сульфатының кристалдары, олар өңделгеннен кейін (кептіру, күйдіру) күкірт қышқылы өндірісіне келіп түседі.

Шығарылған газдарды күкірт диоксидінен тазарту 0,5-2,5 % болған кезде экономикалық тұрғыдан орынды. Түтін газдарынан  $SO_2$  шығару өте күрделі процесс, өйткені жоғары температураға дейін қыздырылған және құрамында күкірт диоксиді 0,1-0,4 % аз мөлшерде газды өңдеу қажет. Әдістер қымбат және тиімсіз.

Газдарды күкірт қосылыстарынан тазарту үшін бірнеше әдіс қолданылады: газдарды сумен жуу, әк, қышқыл-каталитикалық, аралас (қышқыл-каталитикалық және әк қоспасы), магнезит, аммиак (дымқыл және құрғақ) әдістері. Күкірт диоксидін селективті сіңіруге негізделген үш әдіс толығымен дамыған: аммиак-циклдік, магнезит және әк.

#### **4.1.2.1. Көмірді жаққанға дейін күкірттен тазарту**

Күкірт пен күлдің мөлшерін азайту үшін күкіртті көмірді алдын-ала өңдеу арқылы жүзеге асырылады. Көмірді күкірт қосылыстарынан алдын-ала тазарту технологиялары физикалық және терең химиялық тазарту әдістеріне негізделген. Органикалық күкірт көмірдің массасына біркелкі бөлінеді және оны дымқыл немесе құрғақ байыту арқылы алып тастауға болмайды. Сульфат күкірті жалпы күкірттің аз бөлігін құрайды. Сондықтан отыннан колчедан күкіртті шығару арқылы күкірт диоксидінің шығарылуын азайту мүмкіндігі ерекше қызығушылық тудырады, бұл  $SO_2$ -ден түтін газын тазартудан әлдеқайда оңай. Колчедан күкіртін алудың мынадай әдістері қолданылады:

гравитациялық ауа сепараторларын қолдана отырып, көмірмен салыстырғанда оның жоғары тығыздығы (около 5 т/м<sup>3</sup>) қолданылады, колчедан алу дәрежесі - 75 %-ға дейін; төрт кезеңнен тұратын химиялық әдіс: ұнтақтау, қыздыру, темір пентакарбонилімен химиялық өңдеу және магниттік әдіспен байыту (яғни, колчедан алу) (85 % дейін).

Колчеданды күкіртті ғана емес, сонымен қатар органикалық күкіртті кетіру үшін күрделі және қымбат технологиялық процестерді қолдану қажет. Зерттеулер көрсеткендей, бұл әдістің мүмкіндіктері шектеулі. Пиритті күкірт, әдетте, органикалық күкірттен аз болғандықтан, күкіртті алу дәрежесі 10-40 % құрайды.

Қазақстан жағдайлары үшін күкірт құрамын төмендетудің неғұрлым перспективалы әдісі көмірді механикалық байыту (құрғақ, дымқыл) болып табылады. Бірқатар көмірдің күлділігінің артуына байланысты (мысалы, Қаражыра, Екібастұз көмірі), күлдің күкірт компоненттерінің есебінен оның күкірт құрамы артады. Сондықтан мұндай көмір үшін байыту күкірт диоксидінің эмиссиясын азайтудың перспективалық тәсілі болып табылады.

Қазіргі уақытта Екібастұз көмірінің 3-қабатының күлі 55 %-дан 40-42 %-ға дейін болмашы бөлігі ішінара құрғақ байытылады. Ылғал байытуды пайдалану есебінен байытылатын көмірдің мөлшерін және оны байыту тереңдігін ұлғайту станцияларда жағылатын көмірдің күкірт құрамын төмендетеді.

Атап айтқанда, күкіртті алу дәрежесі колчеданды күкірттің құрамына, байытылған көмірдің бастапқы және соңғы күлділігіне байланысты.

#### **4.1.2.2. Күкірті аз отынды пайдалану**

Күкірт мөлшері аз қатты отынды пайдалану күкірт диоксидінің эмиссиясын төмендететін әдіс болып табылады. SO<sub>2</sub> эмиссиясының азаюы жаңа көмірдің күкірт құрамының азаюына пропорционалды болады. Сонымен қатар, көмір күлінде күкіртке қатысты белсенді сорбенттердің болуы, құрамында кальций, магний және басқа да белсенді компоненттер бар SO<sub>2</sub> күлін байланыстыру арқылы күкірт диоксидінің эмиссиясын қосымша төмендетуі мүмкін.

Бірақ көбінесе аз күкіртті көмірге көшу қазандықты айтарлықтай қайта құруды қажет етуі мүмкін екенін атап өткен жөн, мұның өзі ұсынылатын көмірдің жылу техникалық сипаттамаларына байланысты, мысалы, жаңа көмірдегі ұшпа заттардың құрамы жобамен салыстырғанда төмендеген немесе ұлғайған кезде бастапқы және қайталама ауа арасындағы ауа теңгерімін өзгерту, оттықтың дизайнын өзгерту және т. б. қажет болады. Балқу температурасының төмендеуі экрандар мен қыздыру беттерінің қождануын болғызбау үшін қазандық агрегатының қуатын азайтуды қажет етеді. Ұнтақтау, абразивтілік және т.б. коэффициенттерінің айтарлықтай өзгеруі шаң дайындау жүйелерінің өзгеруін және басқаларын қажет етуі мүмкін.

Отынның басқа түріне, мысалы, көмірден мазутқа қазандықты айтарлықтай өзгертпей көшуге болады, белгілі бір қазандық жобаланған кезде тамызығы мазут немесе оны алмастыратын зат болып табылатыны белгіленеді.

Көмірден газға ауысу оттықты, қазандықтың жылыту беттерін және т.б. ауыстыруға байланысты қазандықты қайта құруды қажет етеді.

#### **4.1.2.3. Жағу кезінде SO<sub>2</sub> эмиссиясының азаюы**

Технология көмірді алдын ала газдандырудан және газдандырудың газ тәрізді өнімдерінен күкіртті сутекті одан әрі шығарудан тұрады. Көмірді газдандыру жоғары температурада (900÷1800 аС) және оттегі жетіспеген кезде шамамен 0,5÷10,0 МПа қысымда - O<sub>2</sub> газ генераторларында (тығыз қабатта, қайнаған қабатта және жер серігі ағынында) жүзеге асырылуы мүмкін. Көмірді газдандыру нәтижесінде жоғары жану жылуы бар синтез газы пайда болады, ал күкірт сутегі - H<sub>2</sub>S-ке айналады. Күкіртсутекті қарапайым күкіртке өңдеу арқылы жою абсорбциялық аппараттарда моно - және диэтанолдардың көмегімен 30÷40 нС температурада жүзеге асырылады. Бұл әдіс түтін газдарынан SO<sub>2</sub> алуға қарағанда өте қарапайым және үнемді әдіс.

Бұл, біріншіден, H<sub>2</sub>S күкіртсутегін алудың тиімділігі SO<sub>2</sub> күкірт диоксидін алуға қарағанда жоғары болуына байланысты. Екіншіден, газдандырудың өңделген газдарының көлемі көмірдің сол мөлшерін жағумен салыстырғанда едәуір аз.

#### **4.1.2.4. Отыны бар оттыққа сорбенттерді беру арқылы SO<sub>2</sub> тұтып қалу**

Құрғақ әктас технологиясы (ҚӘТ) ең қарапайым, ең аз капитал мен пайдалану шығындарын талап етеді, жұмыс істеп тұрған электр станциясының жағдайында оңай жүзеге асырылады және аз және орташа түйіршікті көмірді жағу кезінде қолданылады. Қазандық пешіне күкірт диоксидін толық байланыстыру үшін стехиометриялық қажетті әктас немесе доломитті екі және одан көп есе беруден тұрады. Бұл жағдайда пешке әктас енгізудің екі әдісі бар:

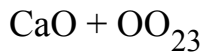
көмір мен әктас қоспасын қазандықтың оттығына бірге беру;

1000-1100 °С аспайтын температура аймағына қазандық оттығының жоғарғы бөлігіне әктасты беру.

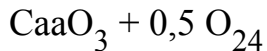
Оттыққа берілетін ұсақталған әктас кальций тотығы мен көмір қышқылын түзе отырып жоғары температурада күйдіріледі (кальцийлеп):



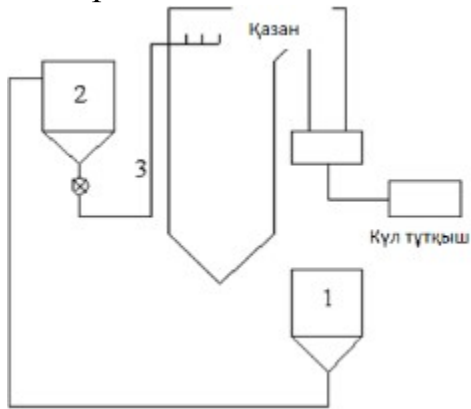
Түтін газдарының температурасы 500-900 °С кезінде кальций тотығы кальций сульфитін түзу үшін күкіртті ангидридпен өзара әрекеттеседі:



Түтін газдарында оттегі болған кезде (және ол әрдайым көмірді жағу режимінде болады) кальций сульфитінің бір бөлігі сульфатқа дейін тотығады:



Алынған қоспа сульфит пен кальций сульфатының қоспасы күлмен және реакцияланбаған әкпен бірге күлтұтқыштарда ұсталады және күл үйінділеріне шығарылады.



1-ұнтақталған әктасты сақтауға арналған сүрлем мұнарасы; 2-жұмсалатын бункер; 3-қазандықтың оттығына әктасты пневмокөлік жүйесі және оны оттық камерасының көлденең қимасында тарату

4.9-сурет. ҚӘТ (құрғақ әктасты тазарту) бойынша күкірттен тазартудың негізгі схемасы  
Әдісті қолдануды тежейтін фактор:

1. Орташа 30-35 % құрайтын төмен тиімділік.
2. Жиналған күлде химиялық белсенді кальций сульфитінің болуына байланысты қалдықтарды сақтау мәселесі туындайды.
3. Қазандықтың оттығына әктас беру күлдің балку температурасының төмендеуіне әкеледі, бұл 1200 °C жұмсарту температурасы бар көмірді пайдалану кезінде қазандықтың қыздыру беттерінің қождануының жоғарылауына әкелуі мүмкін. Қазақстанның негізгі энергетикалық көмірлері үшін (Екібастұз, Бөрілі) күлді жұмсарту температурасы 1300 °C және одан жоғары деңгейге жетеді.
4. Судағы әктің  $\text{SO}_2$ -ні қосымша сіңіруіне байланысты, ылғалды күлді тұту кезінде күкірттен тазартудың жалпы дәрежесі 60-65 % дейін көтерілуі мүмкін. Бұл карбонаттар мен сульфаттарды көбейтеді, мұның өзі олардың күлді гидрокүлді жою жүйелерінде жиналуына әкелуі мүмкін.
5. Ылғалды күлтұтқышта және ішкі және сыртқы күлді сумен жою жүйесінде (КСЖ) шөгінділердің пайда болуын болғызбау үшін карбонаттар мен сульфаттардың шөгінділерін болдырмайтын күл үйіндісінің және айналымдық сумен жабдықтау жүйесінің қауіпсіз тұздыды жұмыс режимін таңдау қажет [35].

Оттыққа енгізілетін көмірді жағу процесінде пайда болған белсенді сорбенттерден басқа, күкірт диоксидтерін көмірдің күліндегі кальций қосындыларымен де ұстауға болады. Күкірт оксидтерін байланыстырудың тиімділігі көмірдің сипаттамаларына байланысты: Ca/S мольды қатынасы, бұл көмірдегі SA құрамына және S<sup>P</sup>) және жану процесінің температуралық деңгейіне байланысты. Барлық басқа жағдайлар тең болған кезде, Ca/S қатынасының өсуімен, SO<sub>2</sub> ұстау дәрежесі артады. Қазақстан көмірінің сипаттамаларын талдау оттыққа әктас қоспай, күкірт диоксидін теориялық тұрғыдан (яғни көмірдің CaO 100 % пайдаланған кезде) ұстау дәрежесі төмендегідей екенін көрсетті: Екібастұз көмірі үшін 58 %; Қаражыра көмірі үшін - 49 %; Шұбаркөл көмірі үшін - 18 %, Майкөбе көмірі үшін - 37 %; Приозерный көмірі үшін - 64 %. Күлдің CaO пайдалану дәрежесі әдетте жану процесінің температурасына байланысты 10-40 % аспайтынын атап көрсеткен жөн. Алайда, шығарылатын газдардағы күкірт диоксидтерінің 5-тен 15 %-на дейін (режим факторларына және көмірдің минералды бөлігінің құрамына байланысты) әдетте көмір күлінің сілтілі элементтерімен әрекеттеседі, соның арқасында күкірт күлмен байланысады және шығарылады. Күкірт диоксидін 30-35 %-ға дейінгі дәрежеде ұстау көп капиталды қажет етпейді. Мысалы, Харанор МАЭС қуаты 200 МВт энергия блогында осындай тәсілді іске асыру кезінде капитал жұмсалымы 5 дол/кВт-тан аспады, ал тұтынылатын электр энергиясының үлесі 0,1-0,2 %-ға тең [35].

#### **4.1.2.5. Қатты отынды жағу процесінде қайнаған қабаттағы SO<sub>2</sub> тұтып қалу**

Жоғарыда айтылғандай, SO<sub>2</sub> эмиссиясын төмендетудің бір әдісі - күкірт диоксидтерін байланыстыратын түйіршікті сіңіргіш қабаты арқылы газды сүзуді ұйымдастыру. Бұл әдіс отынды қайнаған қабатта- ҚҚ: көпіршікті қайнаған қабатта (КҚҚ) немесе айналмалы қайнаған қабатта (АҚҚ) жағу кезінде іске асырылады. КҚҚ және АҚҚ технологиясының сипаттамасы 5.1-бөлімде қарастырылды.

Отынды жағу процесі инертті толтырғыштан (кұм немесе басқа қатты отқа төзімді материал), көмір бөлшектерінен, көмір күлінен және күкірт сіңіретін сорбенттерден - негізінен әктастан тұратын қайнаған қабатта жүзеге асырылады. Бұл ретте көмірдің түріне байланысты 0-ден 6-25 мм-ге дейін ұсақталған көмір қолданылады. КҚҚ-да жаққан жағдайда 0-3 мм және АҚҚ-да жаққан кезде ірі кесектерге уатылған фракциясы 0-0,5 мм әктас беріледі. КҚҚ қабатындағы газды сүзу жылдамдығы 2-3 м/с, АҚҚ қазандықтары үшін - 5-6 м/с дейін құрайды.

Жалпы, күкірт диоксидін байланыстыру процесінің химиясы ҚӘТ технологиясына ұқсас (ЕҚТ 4.8). Оттыққа берілетін CoCO<sub>3</sub> әктас CaO- кальций тотығына дейін кальцийленеді, бұл ретте ол күкірт диоксидін сульфидсіздендіру үшін 850-900 °C онтайлы температурада CaSO<sub>3</sub> кальций сульфитін түзе отырып жану кезінде түзілген



SO<sub>2</sub>-мен реакцияға түседі. Одан әрі CaSO<sub>3</sub> қайнаған қабат арқылы сүзетін түтін газдарындағы оттегімен CaSO<sub>4</sub> (гипс) дейін тотығады. Күкіртті тұту процесінің өнімдері (қатты фаза): гипс - CaSO<sub>4</sub>, кальцийленбеген әктас-CaCO<sub>3</sub>, реакцияланбаған кальций тотығы - CaO. Күл мен күкіртті тұтудың қатты өнімдері қазандықтың оттығынан тікелей жартылай шығарылады, ал оттықтан шығарылғандар күлтұтқыш құрылғыларда ұсталады.

Көмір күліндегі минералды компоненттер (Ca, MD, Na, R және басқа сілтілі металдар) күкірт диоксидін байланыстыруға арналған белсенді сорбенттер екенін атап өткен жөн. Эксперименттік қондырғыларда Екібастұз көмірін жағу бойынша жүргізілген тәжірибелер көмірдің күлділігіне байланысты SO<sub>2</sub> 50 %-ға дейін ұсталатынын көрсетті. Жалпы алғанда, 95 %-ға дейін күкірт диоксидін байланыстыру үшін қабатқа берілетін әктас пен көмір күліндегі Ca-ны ескере отырып, Ca/S стехиометриялық қатынасы 2,5-3,0 деңгейінде болуы тиіс.

#### 4.1.2.6. O<sub>2</sub> тұтып қалудың ылғалды циклді емес әктасты (әкті) әдісі

Жалпы алғанда, түтін газын SO<sub>2</sub>-ден дымқыл тазарту процесі келесі кезеңдерден тұрады:

қалдық газдарды шаң мен күлден тазарту;

газды әк - Ca(OH)<sub>2</sub> немесе әк-CaCO<sub>3</sub> су суспензиясымен шаю;

сульфит және сульфат кристалдарын сұйықтықтан бөлу.

Дымқыл әдістер өнеркәсіптік жағдайда жақсы дамыған және әлемдік энергетикада кеңінен қолданылады. Күкірт диоксидін байланыстыру келесі схема бойынша жүзеге асырылады:

Әкпен жуу:  $Ca(OH)_2 + HO_2 = CaO_3 + H_2O$

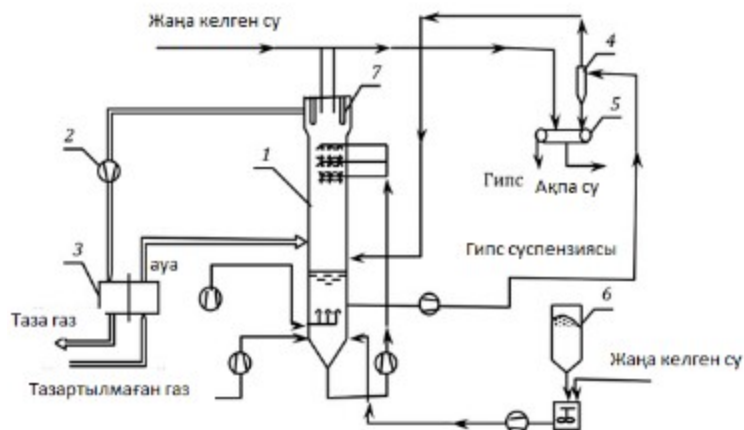
$CaO + SO_2 = CaSO_3$

$CaSO_3 + 1/2 O_2 = CaSO_4$

Әктаспен жуу:  $CaCO_3 + OO_2 = CaO_3 + CO_2$

Технология майда ұсақталған әктастың немесе су қосылған әктің су суспензиясының газ ағынының ішіндегі шаңсыз түтін газдарын абсорберде (скрубберде) интенсивті жууға (бұркуге) негізделген. Бұл ретте технология кальций сульфитін CaO<sub>4</sub> кальций сульфатына CaO<sub>3</sub> тотықтырып немесе тотықтырмай, бір немесе екі сатылы схема бойынша жүзеге асырылуы мүмкін.

«Бишофф» неміс фирмасының технологиясы бойынша қарастырылып отырған әдіспен күкірттен тазалайтын қондырғының оңайлатылған негізгі циклдік емес бір скрубберлі схемасы 4.10-суретте келтірілген [36].



1-скруббер (абсорбер); 2-түтін сорғыш; 3-жылу алмастырғыш; 4-гидроциклон; 5-вакуум-сүзгі; 6-эктастың шығыс бункері; 7-тамшылатқыш

4.10-сурет. «Бишофф» фирмасының технологиясы бойынша күкірттұтқыш қондырғының негізгі схемасы

Түтін газдарын күкірттен тазарту ағынға қарсы скрубберде шашыратылатын эктастың немесе әктің су суспензиясымен жүзеге асырылады 1. Күкірт диоксидінен тазартылған түтін газдары скруббердің жоғарғы бөлігінде орналасқан 7 тамшы арқылы өтеді және түтін сорғыштың көмегімен 2 аппараттан шығарылады. Газ шығаратын трактідегі су буларының конденсациясын болғызбау және атмосферадағы газдардың таралу жағдайларын жақсарту үшін олар 3 жылу алмастырғышта 100÷120 аС температураға дейін қыздырылады.

Шаятын суспензия скрубберде үздіксіз айналып тұрады. Суспензияны шашу үш деңгейде орналасқан саптамалардың көмегімен жүзеге асырылады.

Скруббердің төменгі бөлігінде (газдардың оған кіру аймағының астында) тотығу аймағы орналасқан. Кальций сульфитінің кальций сульфатына мәжбүрлі тотығуы ( $\text{CaSO}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  - гипс) табиғи жағдайларда кальций сульфатының реттелмейтін кристалдануымен салыстырғанда қатты фазаның сусыздану процесін 90 % және одан жоғары концентрацияға дейін едәуір жақсартуға мүмкіндік береді (қатты фазаның сусыздануы 60 %-дан аспайды). Бұл скруббердегі шөгінділердің алдын алуға және күкірттен тазартудың сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Күкірт диоксидінен газды тазартумен қатар, ерітіндіде қоспаларды жинау процесі де жүзеге асырылады. Олар түтін газдарында HCl болуына және қайта өңдеу кезінде шоғырланған эктастағы қоспаларға байланысты ағыннан ұшатын күл мен кальций хлоридінің түсуіне байланысты. Жүйе қоспалардың құрамын азайту үшін сумен тазартылады.

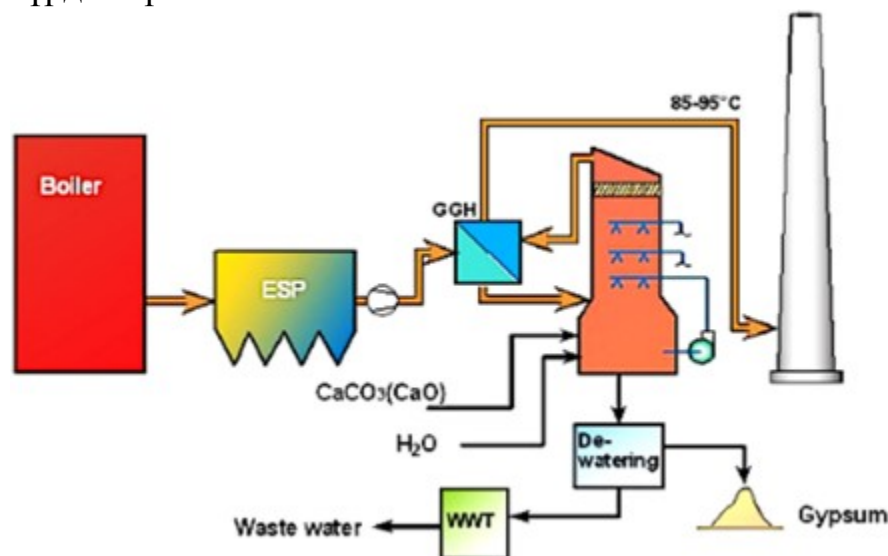
Гипс кристалдарының жиналуына қарай шаятын суспензия скрубберден алынады және оны сусыздандыру үшін қондырғыға жіберіледі.

Шаятын сұйықтықтың регенерациясы жаңа суспензия қосу арқылы жүзеге асырылады. Скрубберде ауамен тотықтырудан басқа кірістірілген элементтер немесе араластырғыштар жоқ.

Әктасты пайдалана отырып, ДДГ жүйелерінде гипс өнімін түпкілікті сусыздандыру барабан центрифугаларының немесе вакуумдық таспалы сүзгілердің (ВТС) көмегімен жүзеге асырылады. Ылғалдылығы 10 %-дан аз түпкі өнім қажет болған жағдайда барабан центрифугалары қолданылады. Егер ылғалдылығы 10 %-дан асатын өнім қажет болса, ВТС қолданылады. Алынған гипстің тауарлық сипаты жоғары (ақтығы және 95 - 97 % тазалығы), бұл оны цемент, сондай-ақ басқа құрылыс материалдары мен бөлшектерін өндіру үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

Күкірттен тазарту дәрежесі - 96-98 %. Электр энергиясының шығыны - 1,6-2,84. Жабдықтың үлестік ауданы 0,03-0,04 м<sup>2</sup>/кВт. Технологияға нақты қаржы жұмсалымы 110-120 долларды құрайды. АҚШ доллары/кВт [35].

4.11-суретте ылғалды күкірттен тазартудың типтік технологиялық желісі схемалық түрде көрсетілген.



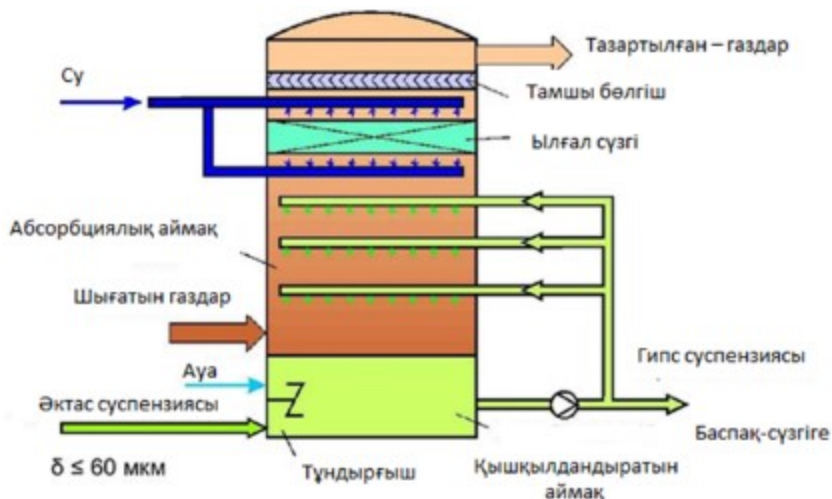
Boiler - қазан; ESP - электр сүзгісі; GGH - жылу алмастырғыш; Dewatering - ылғалды жою; WWT - суды тазарту; Gypsum - гипс.

4.11-сурет. Ылғалды күкірттен тазартудың типтік технологиялық желісі [37]

4.12-суретте ылғалды күкірттен тазарту абсорберінің конструкциясы көрсетілген.

Ылғалды әк әдісі технологиясының көптеген түрлерін әртүрлі кезеңдерде Бабкок-Вилкокс (АҚШ), Дойче Бабкок, Энерги унд Ферфаренс-техник, Маннесман Анлагенбау АГ, Геези, Штайн-Мюллер, Тиссен (барлығы ы Германия), «Гипрогазоочистка» институты, «НИИОГАЗ» және «БТИ» (бәрі і Ресейдікі) фирмалары жасады.

SO<sub>2</sub> түтін газын тазартудың циклдік емес тәсілдеріне капитал жұмсалымы энергия блогы құнының шамамен 10-15 %-ын құрайды.



4.12-сурет. Ылғалды күкірттен тазарту абсорберінің конструкциясы [37]

ЖЭС түтін газын тазартудың дымқыл әктас-әк әдісі технологиясының негізгі артықшылықтары:

SO<sub>2</sub> ұстау дәрежесі жоғары 95-98 % дейін;

қолайлы әктастың барлық аймақтарда болуы;

бастапқы реагент, аралық қосылыстар және алынған соңғы өнім - қоссулы гипс-бейтарап;

реагент шығыны CaS=1,02-1,05 стехиометриялық қатынасына жақын;

технологияның қарапайымдылығы;

реагенттің салыстырмалы төмен құны;

жоғары қысым немесе вакуум жағдайында элементтердің болмауы.

Бұл әдістердің кемшіліктері:

капитал жұмсалымы және пайдалану шығындары көп (әртүрлі бағалаулар бойынша газдарды күкірттен тазартуға байланысты ЖЭС-те өндірілетін электр және жылу энергиясы құнының өсуі 15÷25 %-ды құрайды);

құрамында гипс бар пульпа немесе күл-қож түріндегі қалдықтардың едәуір мөлшері;

жабдықтың көлемі үлкен және көп орын алады;

сұйықтықтармен жұмыс істеудің қолайсыздығы;

жұмыс суспензиясының жоғары коррозиялық белсенділігі және абсорберлерде қатты фазалық шөгінділердің пайда болуы;

сіңіру алдында газдардың температурасын 70÷80 нС дейін төмендету қажеттілігі;

қоршаған ортаға эвакуациялау алдында тазартылған түтін газдарын жылыту қажеттілігі

Ресейде дымқыл әктас технологиясы Губкин ЖЭО-да өнімділігі 106 мың м<sup>3</sup>/сағ болатын тәжірибелік-эксперименттік қондырғыда сыналды [37].

Қарастырылып отырған технологияларды түтін газын тазартудың жоғары дәрежесі қажет болған жағдайда ғана қолданған жөн, ал барлық басқа факторлардың маңыздылығы төмен.

#### 4.1.2.7. O<sub>2</sub> тұтып қалудың ылғалды циклді әдістері

Әктасты пайдалана отырып, бір реттік айналымы бар ылғалды циклдік емес күкірттен тазарту жүйелерінде әктасты суспензия яO<sub>2</sub>-ні гипс өнімі түрінде бейтараптандырады және жояды. Бұл процеске сорбенттің тұрақты көзі қажет.

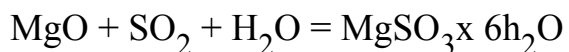
O<sub>2</sub> циклдік тұту технологиясы - адсорбент (қатты немесе сұйық затты сіңіретін) қалпына келтіріліп, циклге қайтарылатын және күкірт диоксиді қолданылатын технологиялар. Бұл технологияны енгізу күрделі химиялық өндірісті пайдалану және қолдану қажеттілігін туғызады, циклдік емес технологияларға қарағанда капитал жұмсалымы мен пайдалану шығындары әлдеқайда көп. Түтін газдарын nO<sub>2</sub>-ден тазартудың циклдік тәсілдеріне капитал жұмсалымы энергия блогы құнының шамамен 30-40 %-ын құрайды.

Циклдік әдістер жанармайдағы күкірт мөлшері 3,5-4 %-дан жоғары болған кезде тиімді болуы мүмкін. Басқа жағдайларда дымқыл әктас немесе дымқыл-құрғақ әк әдісін қолдану экономикалық тұрғыдан орынды.

Қазақстанда қазіргі уақытта және таяу болашақта жоғары күкіртті көмірді пайдалану жобаланбаған, дегенмен осы технологияларды қарастырамыз.

#### 4.1.2.8. SO<sub>2</sub> тұтып қалудың циклді магнезитті әдісі

Бұл әдістің мәні - түтін газдарын реакция арқылы магнезит суспензиясымен шаю кезінде күкірт диоксидін байланыстыру.



Алынған магний сульфиті сүзіледі, кептіріледі және термиялық ыдыратылады (900-1000 °C), таза SO<sub>2</sub> алынады, ол күкірт қышқылы мен магний оксиді - MgO алу үшін шикізат ретінде қолданылып, процеске қайта қайтарылады.

Әдістің артықшылығы - 95-96 % дейін тазарту дәрежесі, жоғары температуралы шаңды газдарды тазарту мүмкіндігі, қалдықтар мен сарқынды сулардың болмауы күкірт қышқылын өндіруде контакттілі әдіспен қолданылатын 10÷19 % SO<sub>2</sub> бар газ түрінде тауарлық өнімді алу, реагенттің қалпына келуіне және циклге қайтарылуына байланысты шығындардың аздығы. Процесске жұмсалатын энергия шығыны - 1,5-2,3 %.

Әдістің кемшілігі - әдіс ауқымды, айтарлықтай күрделі және пайдалану шығындары қажет (сіңіргішті қалпына келтіру үшін), сіңіргіш бетіндегі магний кристалды сульфатының тұнбасы, күкірт қышқылының өндірісі және қатты заттармен (сульфит,

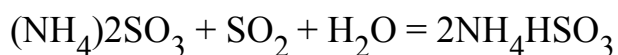
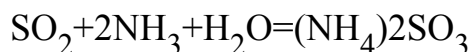
күл, магний оксиді кристалдары) көптеген операциялар қажет. Жалпы, әдіс сирек қолданылады - негізінен күкірт отынымен жұмыс істейтін қондырғыларда пайдаланылады.

SO<sub>2</sub> магнезитті-циклдық әдіс бойынша тұту қондырғысы Северодонецк ЖЭО-да сыналды [37].

Қазақстанда бұл технологияны орта мерзімді және ұзақ мерзімді перспективада қолдану - орынсыз.

#### 4.1.2.9. SO<sub>2</sub> тұтып қалудың аммиакты циклді әдісі

Ұсынылған технология әктас технологиясына балама болып табылады, бірақ бұл технология аммиактың сулы ерітіндісін тазартқыш ретінде пайдаланады. Күкірт диоксиді мен аммиактың сулы ерітіндісі арасындағы реакция нәтижесінде аммоний сульфиті түзіледі, содан кейін ол күкірт диоксидімен әрекеттеседі, нәтижесінде аммоний бисульфиті пайда болады.



Жалпы аммиак-циклдық техника күкірт диоксидін алу дәрежесін 99 % дейін қамтамасыз етеді. Технологияның циклдік сипаты сульфит пен аммоний бисульфитінің қоспасынан пайдалы өнімдерді, сондай-ақ түтін газдарынан күкірт диоксидін алу үшін циклге қайтарылатын компоненттерді алу болып табылады. Аммоний бисульфитінің ыдырау әдісіне байланысты осы әдістің бірнеше нұсқалары бар:

1. 140-160 °C кезінде автоклавта сульфит және аммоний бисульфитін қыздыру жолымен күкірт және аммоний сульфатын алу.
2. Аммоний бисульфитін күкірт қышқылымен өңдеу арқылы күкірт қышқылын өндіру үшін пайдаланылатын күкірт диоксидін алу.
3. Аммоний бисульфитін азот (фосфор) қышқылымен өңдеу арқылы күкірт диоксидін, азот және фосфор тыңайтқыштарын алу (мұндай қондырғылар негізінен АҚШ-та көп қолданылады)

Аммиак әдістері салыстырмалы түрде үнемді және тиімді, олардың жетіспеушілігі - дефицит өнімнің - аммиактың қайтарымсыз жоғалуы. Процесске жұмсалатын энергия шығыны-1,5 % дейін.

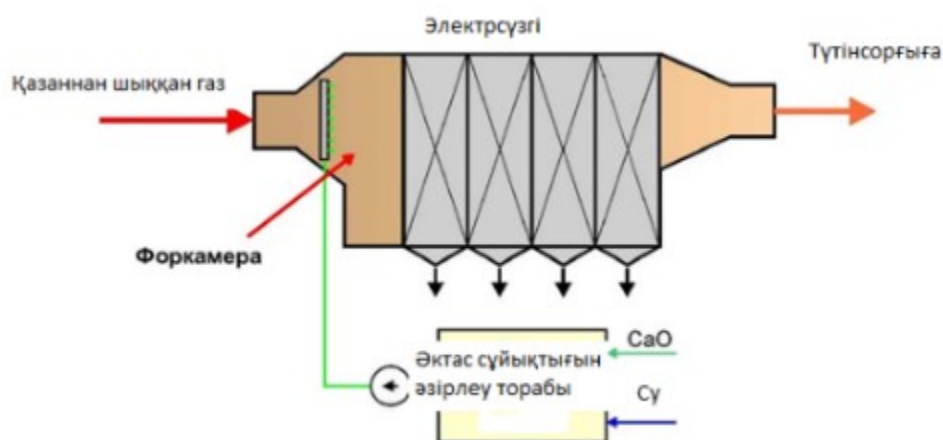
Ресейде Дорогобуж ЖЭО-да өнімділігі 1 млн<sup>3</sup>/сағ газ күкірт диоксидін тұтудың аммиак-циклдық әдісін пайдаланатын қондырғы іске қосылды [37].

Қазақстанда бұл технологияны орта мерзімді және ұзақ мерзімді перспективада қолдану химиялық өндіріске ұқсас жоғары күкіртті энергетикалық көмірдің, сондай-ақ өте күрделі технологияның болмауына байланысты орынсыз болып табылады.

#### 4.1.2.10. SO<sub>2</sub> тұтып қалудың жеңілдетілген ылғалды-құрғақ техникасы

Берілген 0,3 кг/МДж күкірттілік кезінде электрсүзгінің формокамерасы алдында майда дисперсиялық әк суспензиясын бүркуге негізделген жеңілдетілген ылғалды-құрғақ күкірттен тазарту технологиясын (ЖДҚК) қолданған ыңғайлы. 4.13-суретте негізгі схема ұсынылған.

Технология майда дисперсиялық әк суспензиясын электрсүзгінің формокамерасына немесе формокамера алдындағы түтін жолына беруге негізделген. Суспензия оның жіңішке бүркілуін қамтамасыз ететін пневматикалық форсункаларға пневматикалық немесе қатты қызған буды пайдалана отырып беріледі. Әкті суспензияны дайындау үшін сөндірілмеген СаО немесе сөндірілген Са(ОН)<sub>2</sub> әкті пайдаланады.



4.13-сурет Жеңілдетілген ылғалды-құрғақ әкті күкірттен тазартудың негізгі схемасы [37]

Суспензия газ ағынына түскен кезде күкірт диоксиді сұйық реагентпен байланысады. Түтін газдарының жылуы әсерінен қоспадан су буланып, күлтұтқышқа ұшатын күл мен күкірттен тазарту қалдықтарының құрғақ қоспасы түседі. Атап айтқанда, бұл процесс нәтижесінде түтін газдарын салқындату және ылғалдандыру орын алады, бұл электростатикалық шөгінділердің тиімділігін арттырады [35].

Осы технологияны іске асыру үшін үлестік күрделі шығындар 2-6 \$/кВт.

Өз қажеттіліктеріне энергия шығынын ұлғайту шамамен 0,03 %-ды құрайды.

Жабдықты орналастыру үшін үлестік алаң - 0,0005 м<sup>2</sup>/кВт.

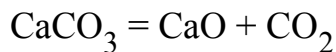
Технологияның nO<sub>2</sub> тұту дәрежесі 50-60 % құрайды.

Бұл әдіс реакциялық қасиеті өте жоғары болуы тиіс сіңіретін nO<sub>2</sub> реагентіне жоғары талап қояды. Арзан табиғи әктас бұл мақсатқа жарамсыз болып шықты, ал басқа әктастар құны бойынша талаптарға сай келмейді. Сондықтан тек гидратталған әк қолдануға болады, оны дайындау үшін технологияны мұқият сақтау және сапалы суды пайдалану қажет.

#### 4.1.2.11. «Лифак» түтін газдарын күкіртсіздендірудің жартылай құрғақ әдісі

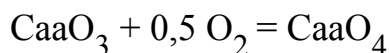
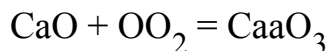
Финдік «Тампелла» фирмасы әзірлеген «Лифак» процесі негізінен құрғақ аддитивті және жартылай құрғақ күкіртті тұту әдістерінің үйлесімі болып табылады [36].

Фракцияларының 80 %-ы 32 мкм-ден аспайтын ұсақ дисперсиялық шаң түріндегі әктас пневматикалық шүмектердің көмегімен реакция бойынша әктасты кальцийлеу процесін қамтамасыз ету үшін температурасы 950-1100 ыС түтін газдарының ағынына енгізіледі:



Қазандықтың жүктемесі өзгерген кезде оңтайлы температура аймағының орналасуы (950-1100 ыС) да өзгертіндіктен, әктас енгізу тораптары әдетте газ жолының кем дегенде екі бөлімінде орнатылады.

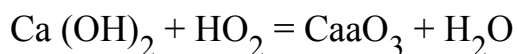
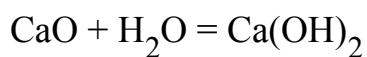
Кальцийленген әктас қазандықтың газ жолы бойымен жылжыған сайын реакциялар бойынша күкірт диоксидінің бір бөлігі байланыстырылады:



Осы фазадағы диоксидті тұту дәрежесі МСИТ технологиясы сияқты (құрғақ әк технологиясы) 30 - 35 %. Әктасты жоғары температуралы ағынға жеткізудің мақсаты,  $\text{SO}_2$  бөлігін байланыстырумен қатар, әктастың кальций тотығына мүмкіндігінше көп мөлшерде өтуін қамтамасыз ету болып табылады.

Қазандықтан кейін күл, сульфит және кальций сульфаты және реакцияланбаған әк түріндегі қатты заттардың қоспасы бар түтін газдары активтендіру реакторына түседі, оған Тампелл жасаған саптама жүйесін қолдана отырып, ұсақ дисперсиялы су бүркіледі

Реакторда су қосылмаған әк су қосылған кезде белсенді шыланған әкке айналады, ол кальций сульфитін қалыптастыру үшін  $\text{NO}_2$ -мен біріктіріледі:



Реактордағы газ ағыны қозғалғанда сұйықтық тамшылары буланып, газдардың температурасы төмендейді. Реактордың шыға берісінде күл, сульфит және кальций сульфатының құрғақ қоспасы қалады, содан кейін ол электрсүзгіде немесе қапшық сүзгіде тұтылады.

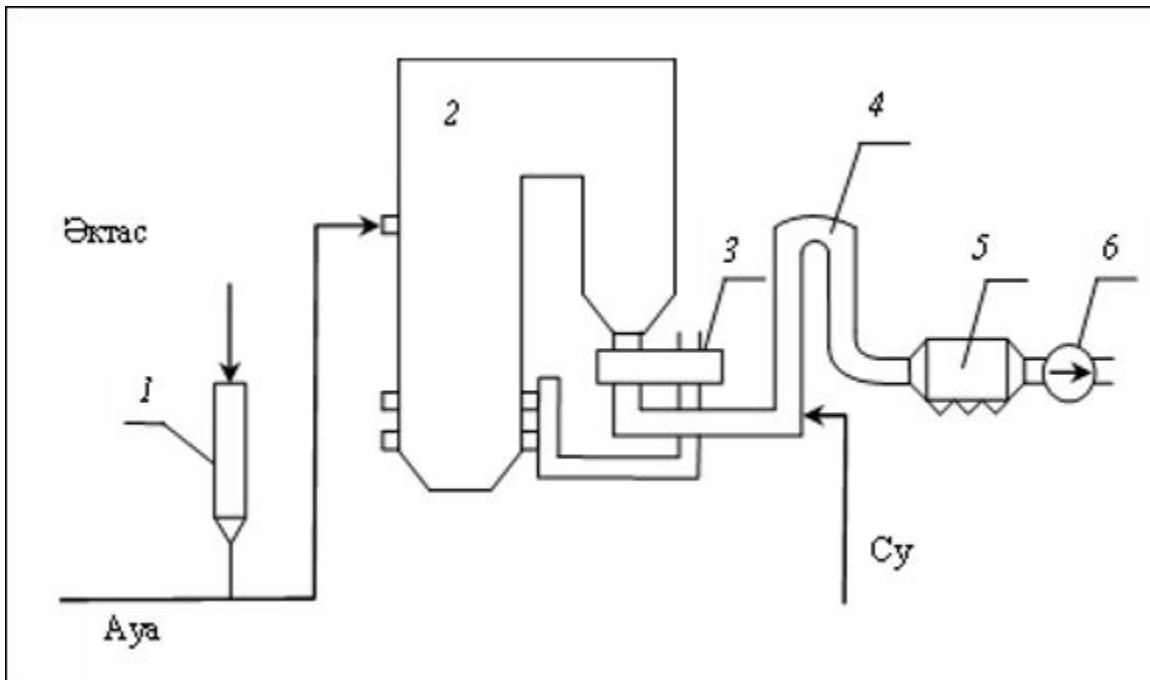
Әктас шығыны отын шығынына, оның сапасына (күкірт мөлшері, ылғалдылық, күл және т.б.) байланысты, ол өзгеруі мүмкін.  $\text{NO}_2$  эмиссиясы бойынша талап етілетін санитариялық нормаларды қамтамасыз ету үшін, қазандықтан кейін жеткізілетін әктас мөлшері түтін газдарындағы  $\text{SO}_2$  концентрациясы бойынша автоматты түрде түзетіледі

Реакторға енгізілетін судың мөлшері реактордағы газдардың шық нүктесінің температурасынан 10-15 нС асатын соңғы температурасына байланысты реттеледі.



Қондырғының жоғары дәрежеде автоматтандырылуы, жабдықты басқару қалқанынан қашықтықтан басқару, әдетте, тек аралап қараушылар ғана жүзеге асыратын қызмет көрсетуді жеңілдетеді.

«Лифак» технологиясының негізгі схемасы 4.14-суретте көрсетілген.



1-өктас бункері; 2-қазандық; 3-жылу алмастырғыш; 4-активтендіру реакторы; 5-күлтұтқыш; 6-түтін сорғыш

4.14-сурет. «Лифак» технологиясы бойынша ЖЭС түтін газдарын күкірт диоксидінен құрғақ аддитивті тазарту схемасы

Жалпы тазалау дәрежесі СА/С молярлық қатынасы 2-ге тең болған кезде 96 %-ға жетеді. Тазалаудың тиімділігі неғұрлым жоғары болса, ағынның температурасы шық нүктесіне жақын болады. Реактордағы түтін газының температурасы шық нүктесінің температурасынан 10-15 нС жоғары болады, бұл реакция өнімдерін құрғақ түрінде алуға мүмкіндік береді.

Қосымша талап етілетін аудандар минималды болып табылады, өйткені реактор қазандықтың бірнеше модификацияланған газ құбырына орналастырылған, бұл қолданыстағы ЖЭС күкірт ұстайтын қондырғылармен жабдықталған жағдайда өте маңызды.

«Лифак» қондырғысының күрделі және пайдалану шығындары кез келген басқа әдіс бойынша күкірттен тазарту қондырғысының шығындарынан айтарлықтай төмен.

100 МВт блогы үшін «Лифак» әдісі бойынша белгіленген электр қуатының 1 кВт үшін үлестік шығындары төмендегілерді құрайды:

күрделі шығындар-1,8 р/кВт;

пайдалану шығыны (өктас, су, электр қуаты, техникалық қызмет көрсету) - 2,18 у/кВт;

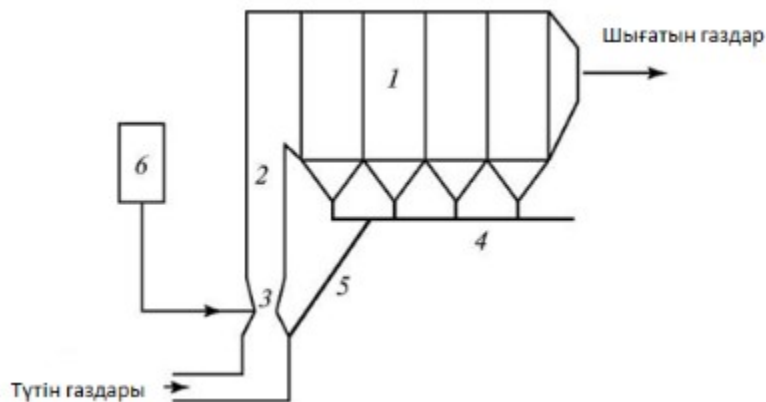
жалпы шығындар-2,9 р/кВт.

Нақты деректер бойынша «Лифак» әдісі бойынша қондырғыларға арналған жалпы үлестік шығындар қуаты 120-дан 1200 МВт-қа дейінгі ЖЭС үшін 10,8-15,2 н/кВт шегінде ауытқиды.

#### 4.1.2.12. Айналымдағы инертті массасы бар күкірттен тазарту технологиясы

Айналымдағы инертті массасы бар дымқыл-құрғақ технология кейіннен бұл қоспаны электрсүзгіден бұрын түтін газдарына жіберу арқылы электрсүзгіде немесе қапшық сүзгіде тұтылған, 8 аспайтын ылғалдылыққа дейін ылғалдатылған әктас қосылған күлден қоспа әзірлеуді білдіреді. Ылғалдылығы мұндай қоспа сусымалы болады, мұның өзі қатты реагентті газ құбырына сенімді тасымалдауға және оны шығатын түтін газдарының көлемінде біркелкі таратуға мүмкіндік береді.

Технология төмендегідей жүзеге асырылады. 4 және 5 жүйелері бойынша электр сүзгінің бірінші және екінші өрісінде ұсталған күл 3 араластырғышқа жіберіледі, күлтұтқыштың алдында газ құбырында орналасқан, онда 6 торабынан дайындалған дайын суспензия беріледі. Реагент жағылған беткейі көлемді инертті тасымалдаушы болып табылатын күл масса алмасу процестерін барынша күшейтуге мүмкіндік береді.



1-электрсүзгі (қапшық сүзгі), 2 - кіріс газ құбыры, 3 - реагентті енгізу аймағы, 4 - ұсталған күлдің пневмокөлік жүйесі, 5 - ұсталған күлдің бір бөлігін кіріс газ құбырына қайтаратын күл құбыры, 6 - әк суспензиясын дайындау, сақтау және беру торабы

4.15-сурет. Айналымдағы инертті массасы бар күкірттен тазарту қондырғысының схемасы

Бұл әдісті электрсүзгі жоғары орналастырылған кезде, оның және қазандықтың шығатын газ құбырының арасында ұзын тік бөлім болған кезде қолданған жөн.

Технологияның  $\text{H}_2\text{O}_2$  тұту дәрежесі 93 %-ға дейін. Артық реагент коэффициенті  $\text{Ca/S}=1,05-1,1$ . Бұл технологияға жұмсалатын үлестік күрделі шығындар шамамен 15 дол/кВт, электр энергиясын тұтынудың өсуі - 0,4 % бағаланады.  $\text{SO}_2$  тұту құны-280-320 АҚШ доллары. США/т. Жабдықты орналастыруға арналған үлестік алаң,  $0,04-0,05 \text{ м}^2/\text{кВт}$  [35].

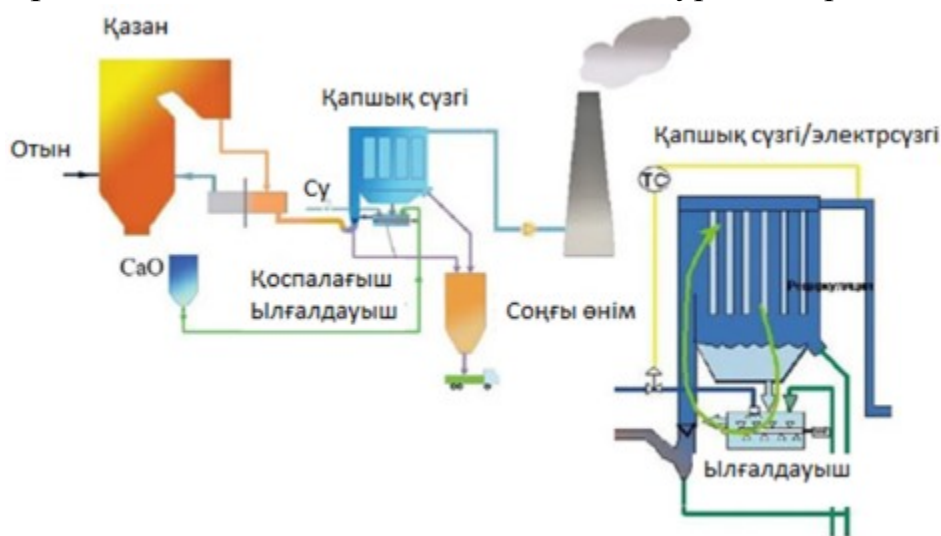
Жеңілдетілген дымқыл кептіру технологиясы сияқты, түтін газдарының электрфизикалық қасиеттері жақсарады және электрсүзгінің тұрақты жұмысы қамтамасыз етіледі.

#### 4.1.2.13. NID технологиясы бойынша жартылай құрғақ күкірттен тазарту технологиясы

«Альстом Пауэр Стован» компаниясы (Novel Integrated Desulphurisation) газдарды күкіртсіздендірудің жартылай құрғақ әдісін жүзеге асыратын жоғары ылғалдылық жағдайында  $\text{SO}_2$  және  $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  арасындағы реакцияға негізделген NID-технологиясын әзірледі [37].

Технология  $\text{Ca/S} = 1,25$  кезінде күкіртсіздендіру жүйесінің 95 % тиімділігімен, қуаттылығы 200 МВт жоғары энергоблокларда өнеркәсіптік сынаудан өтті.

Бұл технологияның негізгі схемасы 4.16-суретте көрсетілген [37].



4.16-сурет. Alstom технологиясының NID бойынша жартылай құрғақ күкірттен тазарту схемасы

NID технологиясының құрылымы төмендегідей. Әдетте қолданыстағы жартылай құрғақ күкіртсіздендіру технологияларында әк суспензия түрінде тазартылған газдарға беріледі, ал NID технологиясында арнайы араластырғыш/ылғалдандырғыш бар, оған күлтұтқышта ұсталған күл мен әктің бір бөлігі беріледі. Алынған қоспа сумен 5-6 % ылғалдылыққа дейін ылғалдандырылады, бұл  $\text{SO}_2$  абсорбциясы үшін әкті қанықтыру нүктесінен 10 - 20 °С жоғары қалыпты жартылай құрғақ әдіспен белсендіру үшін жеткілікті. Іс жүзінде температура диапазоны 65-75 °С құрайды.

Бұл технология күкіртсіздендірудің қолданыстағы жартылай құрғақ тәсілдерімен салыстырғанда рециркуляциялық реагент мөлшерінің айтарлықтай өсуін қамтамасыз етеді, мұның өзі реакция беткейінің тиісінше ұлғаюына әкеледі. Рециркуляциялық реагентті кептіру үшін қажетті аз уақыт (2 секундтан аз) дәстүрлі жартылай құрғақ әдіспен салыстырғанда реактор габариттерінің айтарлықтай азаюына (20 %-ға) әкеледі,

бірақ сонымен бірге үлкен реакциялық беткейдің әсерінен сіңу тиімділігі стандартты жартылай құрғақ әдіспен бірдей.

Күлтұтқышта ұсталған рециркуляциялық күлдің ылғалдылығы 3 %-дан аз. Күлдің бір бөлігі циклден шығарылады, ал бір бөлігі ылғалдандырғышқа жіберіледі, оған жана әк қосылады -  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Ылғалдандырғыш - күлдің кіріс ағынына үнемі су құю арқылы күлдің тепе-теңдік ылғалдылығын сақтайтын NID процесінің маңызды элементі.

Соңғы өнімнің ылғалдылығы төмен болғандықтан (ұшпа күлдің кальций сульфитімен, сульфатпен, гидрооксидпен, Карбонат хлоридімен қоспасы) пневматикалық күлді кетіру жүйесін одан әрі пайдалану және силостарда сақтау үшін пайдалануға болады. Соңғы өнімді көмуге болады, бірақ сондай-ақ мыналарға да пайдалануға болады: шахта толтыру, ландшафт тегістеу; жол жабыны, құрылыс материалдарын өндіру және т. б. Дәстүрлі жартылай құрғақ және дымқыл күкіртсіздендіру технологиясымен салыстырғанда NID технологиясы қондырғысының артықшылықтары:

бір ғана шешімге байланысты капитал жұмсалымдарының аз болуы;  
технологияның қарапайымдылығы қондырғының 99 % пайдалану дайындығын қамтамасыз етеді;

энергия тұтынуды қысқарту;

ықшамды, көп орын қажет емес - реактор мен ылғалдандырғыш күлтұтқыштың астында орналасқан;

$\text{SO}_2$  жоғары тұту тиімділігі - әктас шығыны дәл осындай болатын басқа жартылай құрғақ әдістерде 90-95 % дейін;

технологияның үлестік құны - 25 доллар.АҚШ/кВт.

#### 4.3-кесте. Күкірттен тазарту техникаларын салыстыру

Р/с №	Күкірттен тазарту тәсілі	$\text{SO}_2$ тұтып қалу дәрежесі, %
1	2	3
1	Көмірді жаққанға дейін күкірттен тазарту	10-40
2	Күкірті аз отынды пайдалану	
3	Жағу кезінде $\text{SO}_2$ эмиссиясының азаюы	
4	$\text{O}_2$ -ні сорбенттерді оттыққа отынмен беру арқылы тұту	30-35
5	Қатты отынды жағу процесінде қайнаған қабаттағы $\text{SO}_2$ тұтып қалу	95 дейін
6	$\text{O}_2$ тұтып қалудың ылғалды циклді емес әктасты (әкті) әдісі	96-98
7	$\text{SO}_2$ тұтып қалудың циклді магнезитті әдісі	95-96
8	$\text{SO}_2$ тұтып қалудың аммиакты циклді әдісі	99
9	$\text{SO}_2$ тұтып қалудың жеңілдетілген ылғалды-құрғақ техникасы	50-60
10	$\text{SO}_2$ тұтып қалудың «Лифак» технологиясы бойынша жартылай құрғақ әдісі	96

11	Айналымдағы инертті массасы бар күкірттен тазарту технологиясы	93
12	NID технологиясы бойынша жартылай құрғақ күкірттен тазарту технологиясы	90-95

### 4.1.3. Қатты отынды жағу кезінде $\text{NO}_x$ шығарындыларын болғызбау және/немесе азайту техникалары

Қатты отынды жағу кезінде азот оксидтерінің пайда болуының жалпы мәселелері Азот оксиді -  $\text{NO}_x$  ЖЭС жұмысы кезіндегі негізгі зиянды газ шығарындыларының бірі болып табылады. Сонымен қатар, әр түрлі отынды жағу кезінде азот оксидінің пайда болу механизмі әртүрлі. Сонымен, жоғары температуралы газды жағу кезінде -  $\text{NO}_x$  негізінен ауа азотының тотығуына байланысты түзіледі. Көмірді жағу кезінде азот оксидтері отын азотынан түзіледі. Жалпы алғанда, азот оксидінің мөлшері жану технологиясына, жану камерасы конструкциясының ерекшеліктеріне, отынды жағу процесінің режимдік параметрлеріне байланысты және белгілі бір диапазонда технологиялық әдістермен реттелуі мүмкін екенін атап өтуге болады. Азот оксидінің құрамына  $\text{NO}$  азот монооксиді (95 % дейін),  $\text{NO}_2$  азот диоксиді (шамамен 4 - 5 %), азот оксиді және басқа оксидтер кіреді.

Отынды жағу кезінде азот оксидінің түзілу процесі өте күрделі әрі толық әзірленбеген процесс, бірақ жалпы алғанда жану кезіндегі азот оксидінің 3 негізгі тобын атап көрсетуге болады (4.17-сурет):

1. Термиялық азот оксидінің түзілуі.
2. Отындық азот оксидінің түзілуі.
3. Шапшаң азот оксидінің түзілуі.

1. Термиялық (ауа) азот оксиді - максималды температура аймағында ауаның молекулалық азотының тотығуы нәтижесінде пайда болады. Азот оксидінің пайда болуының мұндай механизмі негізінен жоғары температуралы газ алауында газ-мазут отынын жағу арқылы жүзеге асырылады. Зельдович бойынша  $\text{NO}_x$  түзілуі бірқатар факторларға байланысты, олардың ішінде:

жану аймағындағы температура.  $\text{NO}$  түзілуі 1500 iC-тан жоғары температурада жүреді. Температураның жоғарылауымен  $\text{NO}$  түзілуінің экспоненциалды өсуі байқалады;



4.17-сурет. Азот оксидтерінің түзілу көздерінің схемасы

жану аймағында болу уақыты. Жағылатын өнімдердің жанып жатқан алаудың жоғары температуралық аймағында болу уақытының ұлғаюымен азот оксидтерінің эмиссиясы артады;

алаудағы артық ауа. Артық ауа көбейген сайын белгілі бір артық ауа кезінде максималды (экстремалды) шамаға жете отырып  $\text{NO}_x$  өседі, артық ауа әрі қарай көбейген кезде  $\text{NO}_x$  ауамен жұтандану арқылы азаяды. Бұл ретте артық ауаның экстремалды коэффициентінің мәні отын түріне, жағуды ұйымдастыру тәсіліне және алаудың аэродинамикасына байланысты болады.

Қолда бар теориялық және эксперименттік зерттеулер азот оксидінің эмиссиясын төмендетудің ең оңтайлы жолдары мен әдістерін анықтауға мүмкіндік берді, мысалы:

казандық пешіндегі температураның жалпы деңгейін төмендету;

оттықтағы ең жоғары жергілікті температураны төмендету;

ең жоғары температура аймағында ең жоғары температура мен оттегінің азаюы;

химиялық толық жанбау шегінің рұқсат етілген деңгейден асырылмауын қамтамасыз ететін шектерде тотықтырғыштың жалпы артық мөлшерін азайту.

**2. Шапшаң азот оксиді.** Жалын фронтында азот оксидінің жылдам түзілуі - жанумен органикалық байланысқан құбылыс екені және көмірсутектер мен құрамында көмір бар отындардың жалындарына тән екені анықталды. Сонымен қатар, түзілу процесі шамамен 1000 К температура аймағында жалын фронтының алдыңғы шекарасынан басталады.

Жалындағы азоттың тез тотығуының негізгі белгілері:

процестің қысқа мерзімділігі;

$\text{NO}$  шығымының жану температурасына біршама тәуелділігі;

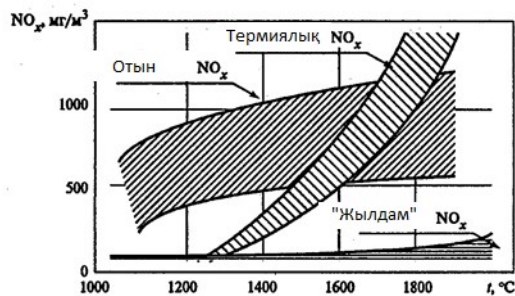
$\text{NO}$  шығымының отын-ауа қатынасына толық тәуелділігі.

Алауда жаққан кезде «шапшаң» азот оксидінің үлесі, қағида бойынша, от жағу процесіндегі азот оксидінің жалпы шығымының 10-15 % асады. Төмен температурада жанған кезде олардың үлесі айтарлықтай төмен болады. «Шапшаң»  $\text{NO}_x$ -ті азайту міндеті әлі шешілген жоқ.

**3. Отындық азот оксиді** - отын азотының тотығуына байланысты түзіледі. Жалпы, отындық азоттың тотығу механизмі келесі процестермен сипатталады: азот құрамдас қосылыстары бар көмірдің ұшпа компоненттерінің шығуы, құрамында азот бар қосылыстардың азот оксидтеріне ауысуы, ұшпа заттардың тотықтырғышпен араластырудың диффузиялық процесі. Көмірді жағу кезінде азот оксидінің көп бөлігі негізінен отын бөлшектерінің (пиролиз) жоғары жылдамдықтағы термиялық ыдырауы кезінде шығарылатын азот қосылыстарының тотығуынан пайда болады. Бұл процесс 550-1000 сС температурада жүреді.

Отын азотының тек бір бөлігі азот оксидтеріне өтетінін айта кету керек.

Көмірде азоты бар қосылыстар аминдерден, пептидтерден, аминқышқылдарынан және т. б. тұрады. Әртүрлі қосылыстардың құрамына кіретін отындық азоттан NO түзілуіне  $N_2$  молекуласын ыдырататын энергияға қарағанда азырақ энергия талап етілетіне қарамастан, тіпті салыстырмалы түрде аса жоғары емес температурада (1000-1300 °C) көп мөлшерде NO түзілуі мүмкін (4.18-сурет). Отындық  $NO_x$  жалпы азот оксидінің шығарындысына әсері жану процесінің төмен температурасында, мысалы, сапасы төмен көмірді жаққан кезде, әсіресе отынды қайнаған қабатта жаққан кезде көбірек болады.



4.18-сурет. Азот оксидтері түзілуінің органикалық отынды жағу кезіндегі температураға тәуелділігі

Көмірді жағу кезінде азот оксидінің 75-80 % түзілуі ұшпа азот бар қосылыстардың тотығуынан анықталады, бұл өз кезегінде азоты бар отын қосылыстарының сипатына - жылу тұрақтылығына байланысты. Отынның азот құрамдас қосылыстарының сипаты, олардың мөлшері әртүрлі органикалық отындар үшін әркелкі болатындықтан, отын құрамындағы азоттың мөлшері және азот оксидінің шығымы бір мәнде болмайды. Осылайша, отын азотын азот оксидіне айналдыру процесі көп факторлы процесс болып табылады, ол әрдайым ескерілмейді.

Жалпы, азоты бар отындарды жағу кезінде азот оксидтері негізінен отын пиролизінен кейін газ фазасындағы азот қосылыстарының ( $HCN$ ,  $NH_3$ ,  $CN$ ,  $NH_2$ ) тотығуынан пайда болатындығын атап өтуге болады. Бұл процесс 550 - 1000 -С температурада жүреді. Кокс бөлшектерінде қалған азоттың тотығуы  $NO_x$  шығымына аздап әсер етеді («отындық» азоттың жалпы шығымының 20-25 % аспайды). Отындық азоттың едәуір бөлігі молекулалық азотқа өтеді, азоттың бір бөлігі байланысқан күйде сақталады.

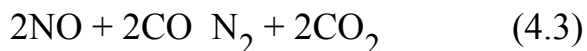
Атап айтқанда, көмірді қыздырған кезде құрамында азоты бар қосылыстардың екі кезеңді бөлінуі байқалады: алдымен олар алғашқы ұшпа деп аталады, содан кейін соңғы ұшпа түрінде кокс қалдығы түрінде болады.

Отындық азоттың өзгеру механизмі келесідей. Жоғары температураның әсерінен көмір қызған сайын ұшпа заттар шыға бастайды және кокс қалады. NO ұшпа азоттан да, кокс азотынан да түзіледі. Екінші жағынан, пайда болған NO ұшпа азотты заттармен реакцияларға, сондай-ақ  $NO_x$  кокспен гетерогенді реакцияға байланысты  $N_2$ -ге дейін азаяды.

NO-ға дейін газ фазасына өткен отын азотының тотығу механизмін Фенимор ұсынды [38]. Ол  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_2$ ,  $\text{NN}$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{CN}$  және бірізді реакциялар болуы мүмкін  $\text{RN}$  белсенді азотты радикалдың түзілуін қамтиды, онда  $\text{NO}$   $\text{RN}$  тотығуы және одан кейінгі  $\text{NO}$  жойылуы кезінде пайда болады:



Газ фазасында келесі реакция бойынша көміртегі тотығымен әрекеттескенде  $\text{NO}$  қалпына келуі мүмкін:



Азот оксидтерінің белгілі бір мөлшері коксты тотықтыру кезінде де пайда болады, бірақ кокс белгілі бір жағдайларда  $\text{NO}$ -ны  $\text{N}_2$ -ге дейін қалпына келтіретінін атап өткен жөн. Кокс қалдықтарында қатты фазада қалған азотты қосылыстар соңғы ұшпа түрінде өте баяу бөлінеді. Сонымен қатар, олардың оттегісіз бөліну уақыты бөлшектердің жану уақытынан асады.

Кокс азотынан  $\text{NO}$  және  $\text{N}_2$  түзілуі кокс бөлшектерінің бетінде келесі екі қатарлы реакциялар арқылы жүреді:



Жоғарыда келтірілген теориялық ережелер мен есептеулерден шығарындылар деңгейі негізінен көмірдегі күл мен күкірт құрамына байланысты шаң мен күкірт шығарындыларынан айырмашылығы,  $\text{NO}$  шығарындыларының деңгейі көмірдің көптеген сипаттамаларына байланысты: құрамында азот бар қосылыстардың үлесі, алғашқы ұшпа, кокс қалдықтарының реакциялық қасиеттері, жану процесінің температурасы, артық ауа, жоғары температура аймағында газ тәрізді жану өнімдерінің болу уақыты, жану камерасының конструкциясының ерекшеліктері және тағы басқалар.

Жалпы, жылу энергетикасында, азот оксидтерінің эмиссиясын азайту үшін көмірдің жану процесіне, сондай-ақ химиялық әдістерді пайдалана отырып түтін газдарын тазарту процесіне әсер ететін оттық технологиялық тәсілдер қолданылады.

**$\text{NO}_x$  шығарындыларын азайту техникасын екі негізгі топқа бөлуге болады:**

I. Бастапқы (технологиялық) техника а мақсаты тотықсыздану реакцияларын бір мезгілде жеделдете отырып, құрамында азот бар отын компоненттерінің  $\text{N}_2$  зиянсыз молекулалық азотқа ауысуын қамтамасыз ететін тотықсыздану реакцияларын бір мезгілде жеделдете отырып,  $\text{NO}$  азот оксидінің түзілу реакцияларын тежеу. Бұл ретте, мұндай бастапқы технологияларды қолдану отынды жағу тиімділігінің төмендеуіне, қазандық жұмысының сенімділігінің төмендеуіне, сондай-ақ басқа да ластағыш заттар



шығарындыларының артуына және басқаларына әкелмеуі тиіс. Сондай-ақ, кез-келген әдісті таңдау туралы шешім экономикалық тұрғыдан негізделген болуы керек.

Бастапқы технологияларды әртүрлі әдістермен енгізуге болады, олар өз кезегінде бірқатар шаралардан тұрады.

1. Режимдік-реттеу іс-шаралары:

артық ауаның азаюы;

стехиометриялық емес жағу;

жеңілдетілген екі сатылы жағу.

2. От жағу процесін жаңғырту:

төмен эмиссиялық жанарғыларды қолдану;

жағуға сатылы ауа беру;

түтін газдарының қайта айналымы;

жоғары концентрациядағы шанды (ШКШ) беру;

центрлес жағу;

отынды сатылы жағу:

екі сатылы жағу;

үш сатылы жағу.

3. Жағудың жаңа технологиялары:

атмосфералық көпіршікті қайнау қабаты (КҚК);

айналмалы қайнау қабаты (АҚК);

қысыммен қайнаған қабат (ҚҚК).

II. Азот оксидінің эмиссиясын азайтудың екінші әдісі - химиялық әдістерді қолдана отырып, түтін газдарын азот оксидінен тазарту. Екі азот тазарту технологиясы өнеркәсіпте қолданылады:

1) азот оксидтерін селективті каталитикалық емес қалпына келтіру - СКЕК (SNCR);

2) азот оксидтерінің селективті каталитикалық қалпына келтіру - СКҚ (SCR).

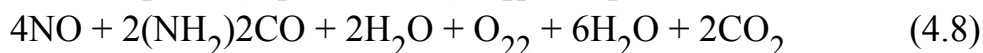
СКҚ технологиясының тиімділігі жоғары болған кезде СКЕК қарағанда үлестік капитал шығындары біршама жоғары. Керісінше, СКЕК технологиясымен салыстырғанда аммиакты пайдаланудың жоғары селективтілігі салдарынан СКҚ технологиясы кезінде қалпына келтіргіштің шығыны, көбінесе аммиактың шығыны 2-3 есе төмен. Процестің химизмі 4.2 типті реакцияларға негізделген.

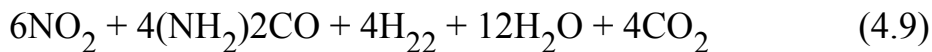
Азот тазарту жүйесіндегі процестерде реагент ретінде аммиак немесе несепнәр қолданылады:

Аммиакпен жүретін реакция



Несепнәрмен (карбамидпен) жүретін реакция





СКК процесінде  $\text{NO}_x$  қалпына келтіру үшін аммиакты түгін газдарына катализатордан өткен кезде жіберу арқылы аммиак қолданылады. Осылайша,  $\text{NO}_x$ -ті қалпына келтірудің өте жоғары деңгейіне қол жеткізіледі, әдетте шамамен 90 %.

СКК процесі жоғары температураларда  $\text{NO}_x$  реакциясы үшін түгін газдарының ағындарына аммиактың жіберілуіне тәуелді. Көмірді жағу кезінде  $\text{NO}_x$  қалпына келтіру дәрежесі әдетте 50 % дейін жетеді.

## **Режимдік-реттеу әдістері**

### **4.1.3.1. Артық ауаны бақылап азайту**

$\text{NO}_x$  шығарындыларының азаюы,  $\text{CO}$  шығарындыларының өсуі.

Бұл технология азот оксидтерінің эмиссиясын төмендетудің ең арзан, қарапайым және кең таралған әдістерінің бірі болып табылады. Технология  $\text{NO}_x$  максималды концентрациясының  $n_{B, T} = 1,2 \div 1,3$  кезінде байқалатынын көрсететін экстремалды сипаттағы артық ауаға азот оксидтері эмиссиясының тәуелділігіне негізделген. Сонымен қатар, артық ауа болғанда отынның максималды тиімді жануы байқалады.

$n_{B, T}$  артық ауаны  $1,03 \div 1,07$  дейін төмендеткен кезде  $\text{NO}_x$  концентрациясы химиялық және механикалық толық жағылмау және басқа да зиянды ластағыш заттармен жылу жоғалтудың күрт өсуімен бір мезгілде айтарлықтай төмендейді. артық ауа біршама төмендеген кезде, кенет қалпына келтіру аймағы пайда болатын қауіпке байланысты қазандықтың отығы қождануы мүмкін. Сондай-ақ, бұл қазандықтың қыздыру беттерінің коррозиялық процестеріне әкелуі мүмкін.

Осылайша, азот оксидтерінің эмиссиясын төмендетудің осы әдісін жүзеге асыру химиялық және механикалық толық жақпаудың салыстырмалы түрде қолайлы шығындарымен азот оксидтерінің эмиссиясын төмендетудің және қазандықтың сенімділігін сақтаудың қажетті мөлшерін қамтамасыз ететін артық ауаны азайтудың оңтайлы диапазонын анықтаған кезде ғана мүмкін болады.

Осы тәсілдің әлеуеті жоғары екенін айта кеткен жөн, әсіресе осыған дейін азот оксидінің эмиссиясын азайту бойынша жұмыстар жүргізілмеген ескі қазандықтарға қатысты әлеуеті жоғары. Бұл жерде артық ауа аз болған кезде көмірді жағудың қолайлы тиімділігін қамтамасыз ете алатын жаңа оттықтарды орнату туралы айтылып отыр.

Жалпы, талдау көрсеткендей, бұл әдісті қолдану азот оксидтерінің эмиссиясын 10-35 % -ға төмендетуі мүмкін. Жоғарғы шектеу ұшпа заттарды көп шығаратын (Шұбаркөл, Қаражыра) қоңыр көмір мен жоғары реакциялық тас көмірге қатысты. Төмен реакциялық көмірлерде (Екібастұз және Бөрілі) эмиссияның азаюы төмен болады.

Сондай-ақ, бұл технологияның даму перспективасы төмен уытты жанарғыларды құрумен байланысты екенін атап өтуге болады.

#### **4.1.3.2. Стехиометриялық емес жағу.**

NO<sub>x</sub> шығарындыларының төмендеуі, CO шығарындыларының өсуі мүмкін. Стехиометриялық емес жағу у от жағу камерасында оттықтың шыға берісінде дәстүрлі артық ауаны сақтай отырып бөлек қалпына келтіретін ( $n < 1$ ) және тотықтандыратын ( $n > 1,2 - 1,25$ ) жағу аймағы ұйымдастырылатын отынды жағудың дәстүрлі емес тәсілі. Қалпына келтіретін аймақта оттегінің жетіспеушілігіне байланысты 4.2 және 4.3 реакциялары бойынша түзілген азот оксидін қалпына келтіру жүреді және тотықтандыратын аймақта CO<sub>2</sub>-ге дейін толық жағылатын CO түзіледі. Тотықтандыратын аймақта термиялық NO<sub>x</sub> түзілуі кезінде артық ауа көлемінің есебінен жану температурасын түсіру тежеледі [39].

Атап айтқанда, қатты отынды жағу кезінде стехиометриялық емес жағудың әсері газ-мазут отынымен салыстырғанда төмен. Бұл негізінен термиялық азот оксидімен салыстырғанда отындық азот оксидінің процесс температурасына сезімталдығының төмендігіне байланысты.

Іс жүзінде пештің жалпы өлшемдеріне, қыздырғыш құрылғылардың түріне және санына байланысты таңдалатын стехиометриялық емес жағуды ұйымдастырудың алуан түрлі схемалары бар. Сонымен, қазандықтың оттығында жанарғылардың бір деңгейлі қарама-қарсы орналасуы үшін стехиометриялық емес жағуды «көлденең» ұйымдастыруға болады - яғни жанарғылардың бір бөлігі  $i < 1$ , қалған жанарғылар  $p > 1,2-1,25$ -пен жұмыс істейді. Егер қазандықта жанарғылар екі деңгейлі орналасырлаған болса, онда «тігінен» стехиометриялық емес жағудың көптеген комбинацияларын ұйымдастыруға болады.

Реакциялық көмірді стехиометриялық емес жағуды іске асыру кезінде азот оксидтері эмиссиясының төмендеуі 25-35 %-ды құрайтынын қазіргі тәжірибе көрсетіп отыр. Екібастұз және Бөрілі сияқты төмен реактивті көмір үшін бұл мән айтарлықтай төмен және бірқатар факторларға байланысты болады.

#### **4.1.3.3. Қазандықты реконструкцияламай жеңілдетілген екі сатылы жағу**

NO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту.

Технология алауда азот оксидтерінің түзілуіне әсер ететін екі негізгі процесті (қадамдарды) жану камерасының ауқымында ұйымдастыруға негізделген және келесідей жүзеге асырылады:

1. Барлық отын әдетте  $e = 0,8-0,95$  кезінде артық ауасы бар оттықтардың бірінші деңгейіне (сатысына) беріледі, онда ұшпа заттардың шығуы мен тұтануы, көмір шаңының қызуы мен тұтануы жүзеге асырылады.

2. Қалған ауаны беру бірінші сатыдан жану өнімдерімен араластыру және отын-ауа қоспасының жануы жүзеге асырылатын отын бойынша ажыратылған екінші деңгейлі жанарғыларға беріледі. Пештен шыққан кезде артық ауа 1,2-1,25 деңгейінде сақталады

Бұл әдісті іске асыру үшін қазандықтың пеші келесі талаптарға сай болуы керек:

оттықтың саны көп болуы немесе олардың көп деңгейлі орналастырылуы;

оттықтың отын бойынша өнімділік қоры;

оттықтың деңгейлері арасындағы қашықтық қалпына келтіру үшін жеткілікті аймақпен қамтамасыз етілуі керек.

Осы талаптарға жүргізілген талдау бұл талаптарды толығымен сақтау өте қиын екенін көрсетті. Мұның бір себебі - отын бойынша оттықтың қуатын екі есе арттыру, мұның өзі көміртозанды қазандықтар үшін қиын шаруа. Сондай-ақ, жеңілдетілген екі сатылы жану режимін енгізу соншалықты тиімді емес және қазандықтың қуатын өзгерту кезінде белгілі бір қиындықтар туғызатынын атап өткен жөн. Бұл әдісті іске асыру кезінде жанып жатқан оттың тартуына байланысты экрандар аймағында температураның айтарлықтай жоғарылауы мүмкін. Сондықтан көмір энергетикасында бұл технологиялық шешім іс жүзінде қолданылмайды, бірақ газ-мазут отынын жағу кезінде қолдануға болады.

Қазандық конструкциясын өзгертуді талап ететін технологиялық әдістер

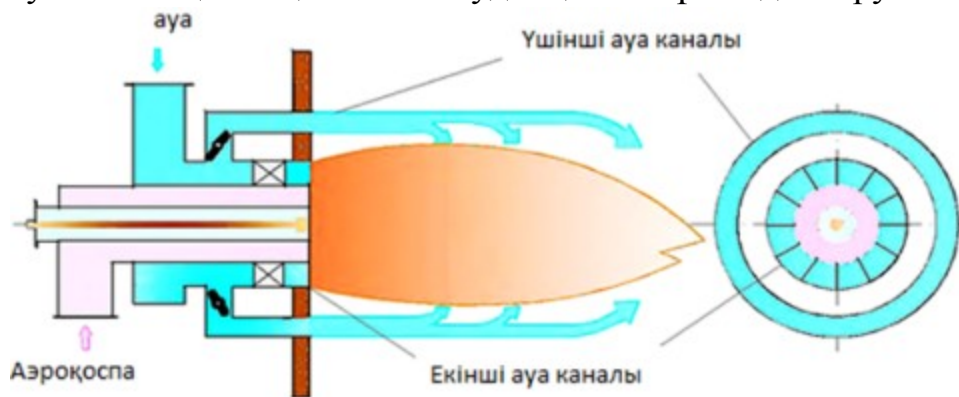
#### **4.1.3.4. Төмен эмиссиялық жанарғыларды (LNB) қолдану**

$NO_x$  эмиссиясын азайту мақсатында көмір қазандық агрегаттарын жаңғырту кезінде басым нұсқа болуы тиіс. Бұл, ең алдымен, көмір қазандықтарында негізінен отын азот оксидтері пайда болатындығына байланысты, олардың соңғы концентрациясы көбінесе көміртозанды алаудың бастапқы аймағында пайда болуымен анықталады. Екіншіден, бұл модернизация қазандықтың қыздыру бетіне әсер етпейді және ескі оттықты жаңасына ауыстыру арқылы оларды сол оттық амбразурасына орнату арқылы ғана қамтамасыз етіледі. Жалпы алғанда, мұндай жаңғыртудың шығыны аз болып табылады

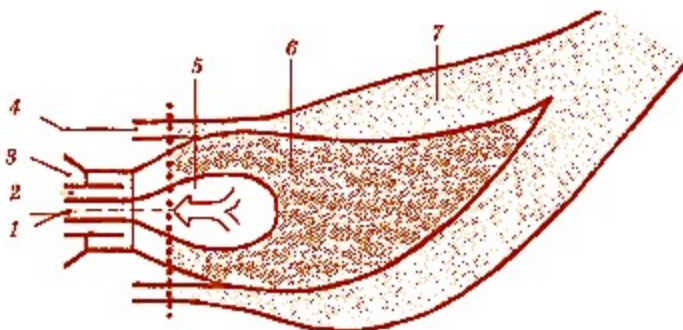
Төмен эмиссиялық оттықтардың конструкциясы оттық алауында қатты отынды сатылы жағу режимін қамтамасыз етеді. Төмен эмиссиялық оттықтардың жұмыс көрсеткіштері қазандықтың орналасуына, отын сапасына және пайдалану режимдеріне байланысты. 4.19 және 4.20-суреттерде қайталама ауа бойынша екі арналы оттық және жанып жатқан оттық алауын екінші реттік және үшінші реттік ауамен араластыру схемасы схемалық түрде көрсетілген. Ұшпа заттарды қыздыру, шығару және тұтату, құйындық оттық алауында аэроқоспаның көмір бөлшектерін қыздыру және тұтату алау өзегінен ыстық газдардың осьтік айналысы есебінен жүзеге асырылады. Бастапқы ауаның артықтығын және оттықтың аузына сорылатын рециркуляция газдарының мөлшерін оңтайландыру оттық алауының бастапқы бөлігінде азоттың отын оксидтерінің ең аз

түзілуін қамтамасыз етеді. Алауда азоттың отын оксидтерінің одан әрі пайда болуы негізінен отынның тұтану жылдамдығымен және оның екінші реттік ауамен араласуымен анықталады. Оттек жетіспейтін барынша ұзақ аймақтың жанарғы алауын жылжыту барысы бойынша екінші реттік ауаны отын-ауа жану қоспасына араластыруды кідірту жолымен ұйымдастыру, тотықсыздану аймағында 4.2; 4.3 және 4.5 реакцияларының жүзеге асырылуына байланысты азот оксидтерінің жалпы азырақ эмиссиясына әкеледі. Сонымен қатар, мұндай оттықтың конструкциясы жану процесінің нашарлауына әкелмеуі керек, яғни көмірді жағудың қол жеткізілген тиімділігін сақтау және қазандықтың қожсыз жұмыс режимін қамтамасыз ету.

Осылайша, аз уытты оттықтардың конструкциясы тек отын-ауа қоспасының қызуы мен жануын ғана емес, қарқындап келе жатқан жанып жатқан алауды екінші реттік ауамен араластырудың қарқындылығы мен қажетті реттілігін реттеуі тиіс. Бұл қайталама ауаны негізінен екі ағынға бөлу арқылы шешіледі. Екінші және үшінші реттік ауаның, төмен уытты оттықтағы екінші және сыртқы ауа ағындарының жылдамдығы мен құйындалуының арақатынасын реттеуді таңдау арқылы жеке қыздырғыштың алауында ауаны кезең-кезеңмен жеткізуді оңтайлы ұйымдастыруға болады.



4.19-сурет. Қатайтылған қоспа түзетін төмен эмиссиялық жанарғы



1-бастапқы ауа; 2-отын және ауа; 3-ішкі қайталама ауа; 4-сыртқы қайталама ауа; 5-үшпа заттардың және ішкі рециркуляцияның шығу аймағы; 6-қалпына келтіру аймағы; 7-толық жағудың тотығу аймағы

4.20-сурет. Ауа сатылы түрде берілетін уыттылығы аз жанарғының алауы

Жалпы, әлемде әртүрлі конструкциядағы уыттылығы аз оттықтардың едәуір саны жасалғанын атап өтуге болады, бірақ сонымен бірге олар мыналарды қамтамасыз етуі керек:

бастапқы артық ауаны барынша азайту кезінде отынның жануының талап етілетін тиімділігі;

отын аэрокоспасының тұтанған және жанып жатқан алауының көзіне екінші реттік ауаны араластыруды барынша азайту;

оттықтан шығатын аэрокоспа мен алау ядросынан қайта пайдаланылатын құрамындағы оттегісі төмен жоғары температуралы газ ағыны арасындағы жылу және масса алмасатын процестердің қажетті жылдамдығы;

қазандық агрегатының қожсыз жұмыс істеуі.

Уыттылығы аз оттықтарды  $\text{NO}_x$  эмиссиясын төмендетудің басқа бастапқы әдістерімен, мысалы, екі сатылы, үш сатылы жағу әдісімен бір уақытта қолдануға болады, бұл азот оксидтерінің эмиссиясының төмендеуіне әкеледі.

Мысал ретінде 4.21-суретте Vortex сериясының Foster Willer [40] отығы ұсынылды. Бұл оттықтың ерекшелігі - радиалды қалақтары бар қалақты аппараттары бар жанарғылармен салыстырғанда, отынды ауамен неғұрлым тиімді араластыратын және алау ядросынан ыстық газдарды осьтік қайта айналдыратын біртұтас құйындағыштың болуы. Оттықтың жылжымалы элементтерінің саны өте аз (небары үш жылжымалы элемент: осьтік құйындағыштың қозғалысы 1, шығынды қайта бөлу қалқаны 2 және аэрокоспаны реттеудің ішкі өзегі 4), мұның өзі терең реттеу мүмкіндігі кезінде оның сенімділігін арттырады,  $\text{NO}_x$  тиімді төмендетеді.



1 - аксиальды құйындағыш, 2-ағынды реттеуге арналған жылжымалы жапқыш, 3 - жеке ағындарды қалыптастыруға арналған шаңды көмір саптамасы, 4-кең диапазондағы көмір шаңының таралуы мен шығынын реттеуге арналған жылжымалы ішкі өзек, 5 - жану құралдарының бағыттаушы құбыры, 6 - жапқыш жетегі, 7 - газ/мазут құбыры, 8 - тозудан қорғау, 9 - қолданыстағы құрылымдарға бейімделетін ауа қоспасы, 10 - жалынды бақылау, 11- ауа аймағын реттеу құрылғысы, 12 - ағынды басқару жүйесінің түтіктері.

#### 4.21-сурет. Vortex сериялы Фостер Виллер жанарғысы

Бұл ретте, Екібастұз және Бөрілі сияқты төмен реакциялық көмірді жағу кезінде осындай жанарғыларды қолданудың әсері біршама төмен болатынын атап өту қажет.  $\text{NO}_x$  эмиссиясы оттықтағы жылу кернеуі жоғары эмиссиясы төмен оттықты пайдаланып

тас көмірді жаққан кезде әдетте  $650 \text{ мг/нМ}^3$  құрайтыны [41]-де көрсетілген, ал жоғары реакциялық көмірді пайдаланған кезде  $400 \text{ мг/нМ}^3$  аз болады.

Азот оксидтерінің эмиссиясын азайтудың қажетті тиімділігін қамтамасыз ету үшін ұшпа заттардың көмірден және одан да төмен температура жағдайында тез шығу жылдамдығын қамтамасыз еткен жөн. Бұл пайдаланылған көмірді ұсақтау арқылы шешіледі. Мұның өзі төменгі реакциялы Екібастұз және Бөрілі көміріне де қатысты.

Екінші реттік ауаны алау алауына кезең-кезеңмен жеткізуді ұйымдастыру, оттықтан шыққан кезде ауа мен отынның неғұрлым қарқынды араластырылуын қамтамасыз ету және ыстық газдардың оттықтың аузына күшті осьтік айналымын жасау барлық екінші ауа ағындары мен ауа қоспаларын күшті құйындату арқылы жүзеге асырылады. Екінші реттік ауа ағындары мен ауа қоспаларының жоғарылауы оттықтың жалпы аэродинамикалық кедергісінің жоғарылауына әкеледі, бұл төмен эмиссиялық оттықтары бар жаңа қазандықтар үшін қуатты желдеткіштерді орнатуды қажет етеді. Жұмыс істеп тұрған қазандықты төмен эмиссиялық оттықтарды орната отырып қайта құру кезінде мәселе жергілікті жағдайларды ескере отырып шешіледі: не жаңа үрлемелі желдеткішті орнату, не оттықтың конструкциясы төмен аэродинамикалық кедергімен жұмыс істеу үшін орындалуы тиіс.

Қайталама ауа бойынша екі ағынды жанарғыларды пайдалана отырып және стехиометриялық емес жағуды ұйымдастыру кезінде ЕЭК ЖЭС ПК-39-II қазандығында жүргізілген сынақтар азот оксидтерінің эмиссиясын  $600 \text{ мг/нМ}^3$  дейін төмендетуді қамтамасыз етті. Екібастұз көмірін  $420 \text{ т/с}$  қазандықта жағу кезінде Қарағанды ЖЭО-3-те уыттылығы аз оттықтарды қолдану  $\text{NO}_x$  эмиссиясын  $800$ -ден  $600 \text{ мг/нМ}^3$ -ге дейін төмендетті,  $500 \text{ т/сағ}$  Рефтинск МАЭС ШАҚ қазандығында Екібастұз көмірін жағу кезінде  $1760$ -тан  $1080 \text{ мг/нМ}^3$  дейін төмендетті [42].

Қатты отын жағылатын дағы қазандықтар үшін сатылы ауа беретін уыттылығы аз оттықтарды орнатуға жұмсалатын үлестік шығыстар  $7-8 \text{ АҚШ долларын/кВт}$  құрайды.

#### 4.1.3.5. Қазандықтарды реконструкциялау арқылы екі сатылы (ауаны кезеңді беру) жағу

Азот оксидтерін басу

Пештің көлеміндегі азот оксидтерінің эмиссиясын төмендетудің жиі қолданылатын әдісінің нұсқаларының бірі-қазандықтың негізгі оттықтарынан жоғары орнатылған

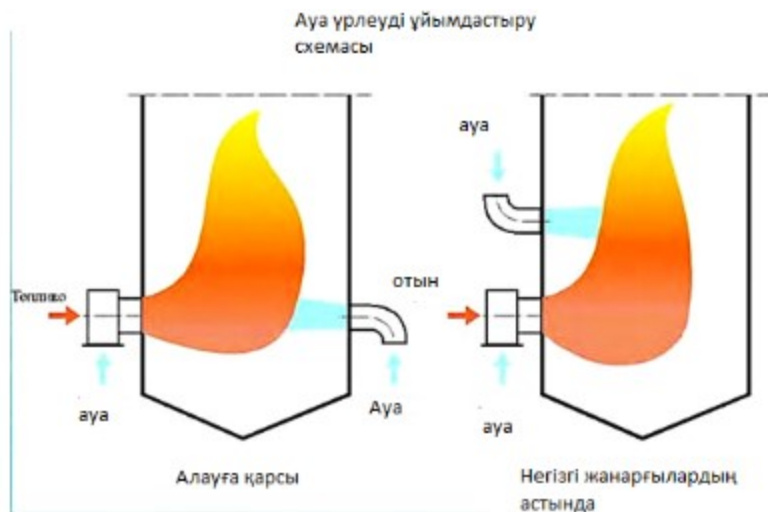
арнайы ауа арматуралары арқылы ауаның бір бөлігін (үшінші деңгейлі ауа) беру арқылы жүзеге асырылатын сатылы ауа беру (екі сатылы жану) технологиясы 4.22-сурет).

Бастапқы жағу аймағында отын оттегі жетіспейтін жағдайда ( $\alpha = 0,8-0,95$ ) жағылады, отынды толық жағу үшін талап етілетін қалған ауа мөлшері оттық орналасқан деңгейден жоғары деңгейде факел ұзындығы бойынша бір немесе бірнеше деңгейде беріледі. Бұл ретте оттықтың биіктігі үшінші реттік ауа енгізілгеннен кейін отынның жануы үшін жеткілікті болуы тиіс.

Қалпына келтіру аймағын ұйымдастыру 4.2; 4.3 және 4.5 реакциялары бойынша құрамында азот бар заттардың толық жанбаған (CO) өнімдерімен және көмір коксымен реакциясы жолымен азоттың қалпына келуін қамтамасыз етеді.

Конструктивті кезеңді жағуды оттықтары көп қабатты орналастырылған қазандық агрегаттарында қолданады, мұның өзі отын-ауа қатынасын факелдің ұзындығы бойынша реттеуге мүмкіндік береді. Төменгі қабаттағы от жағу қондырғысы ауа жетіспеушілігімен жұмыс істейді, қалған ауа ауамен үрлейтін үрлегіш немесе отын аз берілетін жоғарғы қатардағы от жағатын қондырғы арқылы беріледі.

Осы технологияны іске асырудың схемалары алуан түрлі болғанымен, оның негізі - (қазандықтың түріне, оттықтың конструкциясына, олардың саны мен орналасуына, пайдаланылатын отынның түріне және оның сапасына байланысты) қалпына келтіру аймағын ұйымдастыра отырып, оттегі жетіспеген кезде отынды жағуды ұйымдастыру болып табылады.



4.22-сурет. Екі сатылы жағу технологиясының схемасы

Азот оксидтерінің эмиссиясын азайту тиімділігінің артуы оттықтағы артық ауаның (бастапқы және қайталама) терең төмендеуімен байқалады, бұл үшінші реттік ауаның үлесінің сәйкесінше артуымен бірге жүреді. Бірақ бұл ретте оттыққа берілетін ауа мөлшері алаудағы қажетті температуралық деңгейді қамтамасыз ету үшін, ұшпа заттардың шығуы мен тұтануы үшін, сондай-ақ көмір шаңының кокстық қалдығын



қыздыру және тұтату үшін жеткілікті болуы тиіс. Жалпы алғанда, үшінші реттік ауаның үлесі әдетте ауаның жалпы ағынынан 15- 30 % (бірқатар факторларға байланысты) құрайды деп қабылданады.

Осы технологияны пайдалану кезінде оттыққа үшінші реттік ауаны берудің оңтайлы схемасын қамтамасыз ету қажет: оттықтардан үрлегіштің қашықтығы, үрлегіштің саны, оттыққа ауаны енгізу жылдамдығы, үшінші реттік ауа ағынының аэродинамикасы (тангенциалды, ағынды). Сондай-ақ, жоғары температуралық коррозияны болғызбау үшін экрандық қыздыру беттерінің жанында  $CO$  жоғары концентрацияларының пайда болуына жол бермеу қажет.

$NO_x$  шығарылымын азайтудың максималды әсерін қамтамасыз ету үшін, бірақ сонымен бірге химиялық және механикалық толық жанбаудың күрт өсуіне жол бермеу үшін жанарғылардың жоғарғы деңгейінен ауа арматураларын орнатудың оңтайлы қашықтығын таңдау керек. Сондай-ақ, жанып тұрған алауды үшінші реттік ауамен араластыру процесін біршама баяулатқан жөн.

[41]-де «Митсуи Бабкок» компаниясы әзірлеген, жану өнімдерімен араластыруды жақсартуға әкелетін ауа ағынының жоғары жылдамдығын қамтамасыз ететін үшінші реттік ауаның арнайы саптамаларын орнатудан тұратын «күшейтілген» екі сатылы жағу (BOFA) үлгісі көрсетілген. Жалпы алғанда, бұл азот оксидтерінің шығарындыларын басудың жоғары тиімділігіне байланысты төмен шығындарға әкеледі. Осылайша, Португалияның «Sines Power Station» станциясында 320 МВт блокта BOFA енгізілгеннен кейін реконструкцияға дейінгімен салыстырғанда  $NO_x$  эмиссиясын шамамен 40 % төмендете отырып, 5,6 % механикалық толық жақпау кезінде  $NO_x$  466 мг/нМ<sup>3</sup> эмиссиясына қол жеткізілді.

Жалпы, Қазақстан үшін екі сатылы технологияны енгізу қоңыр көмірге (Майкөбен және Торғай көмірі) және жоғары реактивті ұзынжалынды тас көмірге (Шұбаркөл және Қаражыра көмірі) қолайлы екенін атап өтуге болады. Азот оксидтерінің эмиссиясын төмендету әсері 20-50 % болуы мүмкін және жергілікті жағдайларға байланысты болады (қазандықтың түрі, схеманың дизайны, пайдаланылатын отынның түрі мен сапасы және басқалары). Сатылы жағу және уыттылығы аз оттықтарды қисытырып пайдалану азот оксидін азайту тиімділігін 75 % дейін жеткізуге мүмкіндік береді (сондай-ақ жергілікті жағдайларға байланысты болады).

Төмен реакциялық көмірлер (Екібастұз, Бөрілі көмір) үшін көмірді жағудың талап етілетін тиімділігін сақтай отырып, азот оксидтерінің эмиссиясын төмендету бойынша әсер біршама төмен болады.  $NO_x$  эмиссиясы қатты төмендеген кезде механикалық толық жақпау күрт артады. Бұл технологияны жұмыс істеп тұрған қазандықтардағы уыттылығы аз оттықтармен бірге енгізген кезде үлкен (жоғары) қазандықтарда жүзеге асырған жөн (420 т/сағ қазандықтарда, «ЕЭК» АҚ ЭС және ЕМАЭС - и 2

қазандықтарында). Сонымен қатар, азот оксидтерінің эмиссиясының төмендеу дәрежесі жергілікті жағдайларға да байланысты болады.

Төмен реакциялық көмірді (Екібастұз, Бөрілі) жағуға арналған жаңадан құрылатын экологиялық таза қазандық агрегаттары үшін уыттылығы аз оттықтарды қолданумен бірге екі сатылы жағу технологиясын қолдану неғұрлым перспективалы болады.

Қатты отынның екі сатылы жану технологиясының негізгі кемшілігі, әсіресе төмен реакция, отынның химиялық және механикалық толық жағылуын арттыру мүмкіндігі.

#### 4.1.3.6. Үш сатылы жағу

Азот оксидтерінің түзілуін басу.

Үш сатылы жағу технологиясы (Reburning Technology) үш аймақты құрудан тұрады, бұл ретте екінші аймақта (қалпына келтіру) бірінші, негізгі (төменгі) аймақта түзілген азот оксидтерін қалпына келтіру жүзеге асырылады. Екінші, қалпына келтіру аймағының үстінде жағу аймағы орналасқан, онда қалпына келтіру аймағының химиялық және механикалық жағылуы жүргізіледі. Схемалық түрде технология келесідей жүзеге асырылады (4.23-сурет).

1-ші «жану аймағы» негізгі аймағы - оттықтың төменгі бөлігіне орнатылған жанарғыға көп мөлшерде отын беріледі (75-90 %). Жағу процесі  $i = 1,0-1,03$  ауа шамалы артық болған кезде жүзеге асырылады. Осы аймақта жағудың бастапқы сатысында отындық және термиялық азот оксидінің түзілуін басу жүзеге асырылады.

2-ші аймақ «қалпына келтіру аймағы» - қосымша оттықтар орнатылады, оған қалған отын (10-25 %) беріледі. Қосымша оттыққа ауа аймақтағы артық ауаны  $\gamma = 0,85-0,98$  деңгейде ұстап тұруға қаншалықта қажет болса, соншалықты беріледі, мұның өзі отындық және термиялық  $NO_x$  түзілуін басады. Сонымен қатар осы аймақта бірінші аймақта түзілген  $NO_x$  және  $N_2$ -дегі  $RN_1$  әртүрлі азотты радикалдарды қалпына келтіру жүзеге асырылады.

Азот оксидтерін қалпына келтіру 4.2; 4.3 және 4.5 реакциялары бойынша құрамында азот бар заттардың толық жанбаған (CO) өнімдерімен және көмір коксымен реакцияларының өтуі есебінен жүзеге асырылады.

Қалпына келтіргіш отынының үлесі артқан сайын  $NO_x$  төмендету тиімділігі артады, бірақ бұл ретте толық жақпау да ұлғаяды.

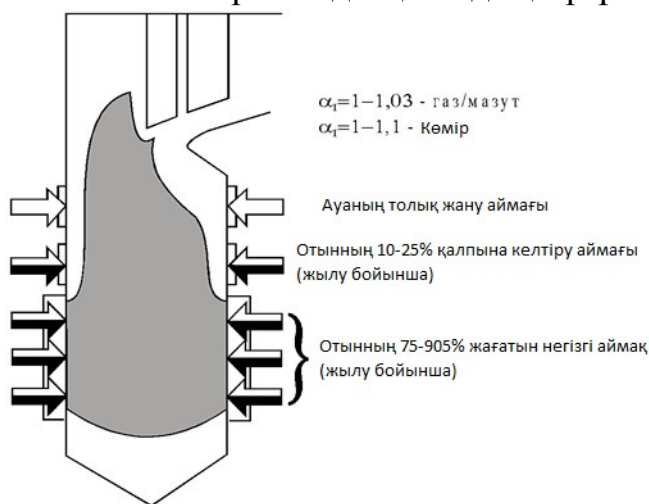
Оттықтың көлденең қимасы бойынша қалпына келтіретін отынды біркелкі бөлу мәселесі жоғары турбулентті, ауаның аз мөлшері бар, жоғары ену қабілеті бар отын-ауа ағындарын құруға ықпал ететін түтін газдарын ауа қоспасына араластыру арқылы жүзеге асырылады.

Қалпына келтіру аймағында болу уақыты отыннан ұшқыштардың шығуы және газ фазасында қалпына келтіру реакцияларының өтуі үшін жеткілікті болуы тиіс.

Аймақтың бірінші биіктігін  $n_{\text{вст}} = 0,45-0,6$  с газ ағынының онда болу уақыты шартымен таңдауға болады. Рекиялығы төменірек көмір үшін болу уақыты көбірек болуы тиіс. 3-ші аймақ «толық жағу аймағы» қалпына келтіру аймағынан жоғары орналасқан, оған отынның толық жануын ұйымдастыру үшін ауа беретін шүмектер орнатылған. Жағу процесі  $i > 1,0$  кезінде жүзеге асырылады.

Қазандықтардың оттықтарында үш сатылы жағу әдісін практикалық іске асыру оттықтардың бірнеше қабаты болған кезде ғана мүмкін болады. Бұл ретте олардың жағу камерасының қабырғаларында орналасуы (қарсы, бір жақты, тангенциалды) айқындаушы фактор болып табылмайды.

Үш сатылы жағу технологиясы азот оксидтерінің эмиссиясын төмендету үшін, сондай-ақ экрандық құбырлардың ең аз газ коррозиясын қамтамасыз ету шарттары бойынша көміртозағды қазандықтар үшін перспективалы болып көрінеді.



4.23-сурет. Үш сатылы жағуды ұйымдастыру схемасы

Үш сатылы жағу кезінде азот оксидінің эмиссиясын төмендету тиімділігін арттыруға қол жеткізуге болады:

1. Бастапқы жағу аймағында қазіргі уыттылығы аз от жағу құрылғыларын пайдалану (шығатын газдардағы азот оксидінің концентрациясын 75-80 % азайту).
2. Қалпына келтіру аймағында жылу бойынша 15-20 % мөлшерінде табиғи газды қосымша отын ретінде пайдалану.
3. Қалпына келтіру аймағында негізгі отынның шаңын қосымша отын ретінде пайдалану, бірақ ұсақтау.

Үш сатылы жағу технологиясының негізгі артықшылықтары оның отын бойынша әмбебаптығы, жоғары күкіртті отынды жағу кезінде де қазандықтарға енгізу мүмкіндігі, сату шарттарына байланысты 40-75 % құрайтын азот оксидтерінің шығарындыларын азайтудың жоғары тиімділігі болып табылады.

Әдістің кемшіліктері оның күрделілігін, әдетте, іске асыру кезінде қалпына келтірудің едәуір көлемін және соған байланысты үлкен капиталды шығындарды, сондай-ақ отынның жанбауын біршама арттыруды қамтиды.

Қазандықтарды үш сатылы жағуға ауыстыру арқылы реконструкциялау мысалы: Vado Ligure электр станциясында Италияда көмір қазандығында  $\text{NO}_x$  эмиссиясы 630-дан 300 мг/нМ<sup>3</sup>-ке дейін азайтылды, төмен реакциялы Оңтүстік Африка көмірін жағу кезінде  $\text{NO}_x$  эмиссиясы 370 мг/нМ<sup>3</sup>-тен төмен болды.  $\text{NO}_x$  эмиссиясын ең көп төмендеткен -  $\text{NO}_x$  жоғары бастапқы деңгейі бар қазандықтар болды [41].

(Ресей) Екібастұз көмірін жағатын бірқатар қазандықтарда ПК-14 және ПК-10 қазандықтарын үш сатылы жағу технологиясына ауыстыру бойынша қайта құру жұмыстары жүргізілді. Жүргізілген зерттеулер азот оксидтері эмиссиясының 45-50 % төмендегенін көрсетті [43].

Мосэнерго 17-ЖЭО ТП-230 (№6 ст.) қазандығында үшінші реттік ауаның шүмектерін орнатылған Мәскеу маңындағы қоңыр көмірді үш сатылы жағудың жеңілдетілген схемасы жасалды. Қайта құруға дейін  $\text{NO}_x$  концентрациясы 1025 мг/нМ<sup>3</sup> болды. Қайта құрудан кейін азот оксидтерінің эмиссиясы 450-480 мг/нМ<sup>3</sup>/кұрады. Жеңілдетілген қайта құру Добротворская МАЭС көмір қазандығында да жүргізілді, ал  $\text{NO}_x$  концентрациясы 840-тан 540 мг/нМ<sup>3</sup>-ке дейін төмендеді [42].

Осылайша, үш сатылы жағу  $\text{NO}_x$  эмиссиясының төмендеуін қамтамасыз етеді, төмен реакциялы Екібастұз көмірін жағу кезінде екі есе дерлік, жоғары реакциялы қоңыр көмір үшін азот оксиді эмиссиясының төмендеу әсері жоғары және екі еседен астам. Тұтастай алғанда, үш сатылы жағу технологиясы қолданылатын көмірге,  $\text{NO}_x$  бастапқы концентрациясына байланысты азот оксидтерінің эмиссиясын 40- 75 %-ға дейін төмендетуді қамтамасыз етеді.

#### **4.1.3.7. Концентрлі жағу**

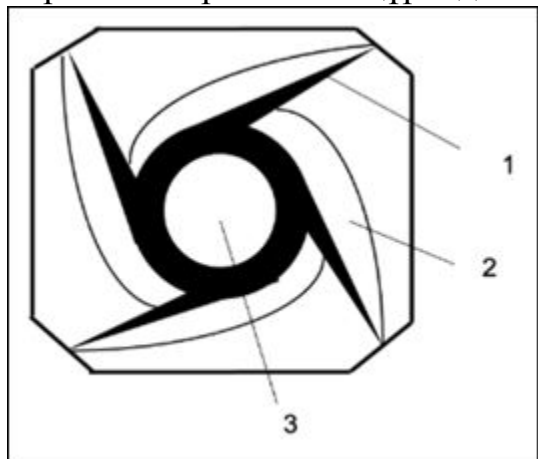
Азот оксидтерінің түзілуін басу.

Концентрлік жағу тангенциалды оттықтарда аэрокоспаны (кіші шартты шеңберге қатысты тангенс бойынша) және екінші ауаны (үлкен диаметрлі концентрлі орналасқан шеңберге қатысты тангенс бойынша) енгізудің әртүрлі бұрышы арқылы жүзеге асырылады - 4.24-сурет. Бұл жағдайда пайда болған екі концентрлік жоғары ағындар жағу камерасының ортасында отынмен байытылған ортаны және экранның беттеріне жақын ағынның перифериялық бөлігінде сарқылған ортаны құрайды. Азот оксидтерінің эмиссиясын төмендетуден басқа (отынның құрамында азот бар қосындыларын молекулалық азотқа дейін қалпына келтіру реакцияларының өтуін қамтамасыз ететін оттегінің жетіспеушілігімен жоғары температуралы кеңістікте жғну өнімдерінің болу уақытын арттыру есебінен), концентрлі жағу экран құбырларының

жанында тотықсыздану қаупі бар ортаның түзілуін, олардың қождануын болдырмайды. Осылайша, «көлденеңінен сатылы жағу» пайда болады. Сонымен қатар, «көлденеңінен сатылы жағу» тігінен сатылы жағумен бірдей әсер береді.

«Биіктігі бойынша жағу сатылығы» жанарғылардың жоғарғы бөлігінде үшінші ауа шүмектерін орналастыру арқылы немесе басқа нұсқаларда олардың жанарғылардан жоғары орналасуы арқылы іске асырылады. Соңғы жағдайда, үшінші ауаның саптамаларының бұралу бағыты жанарғылардағы ағынның бұралуына қатысты биіктігі бойынша қарама-қарсы және ауыспалы болып таңдалуы мүмкін.

Бұл әдіс азот оксидтерін қоңыр, тіпті қож және реакциялық тас көмірге және аз мөлшерде СС типіндегі, яғни Екібастұз және Бөрілі төмен реакциялы тас көміріне қатысты азайтудың жоғары тиімділігін көрсетті. Қолданылатын көмірдің түріне байланысты азот оксидтерінің түзілуін басу тиімділігі бойынша қол жеткізілген көрсеткіштер 20-50 % құрайды.



1-көмір шаңы бар бастапқы ауа ағыны; 2-қайталама ауа; 3-отынмен байытылған аймақ

4.24-сурет. Концентрлік жағудың негізгі схемасы

Концентрлік жағу схемасының тиімділігі от жағу камерасының орталық аймағын отынмен байыту дәрежесімен және тиісінше от жағу экрандарына жанасатын шеткері аймақты ауамен байыту дәрежесімен айқындалады. Аэроқоспа ағыны мен екінші реттік ауа арасындағы екінші реттік ауа үлесі мен бұрыштың артуы  $\text{NO}_x$  шығарындыларының көп мөлшерде төмендеуіне әкеледі. Бірақ сонымен бірге, тотықтырғыш жетіспейтін аймақта отынның болуы кокс қалдықтарының жану жылдамдығын төмендетеді, ал үшінші ауаны енгізгеннен кейін пештің жоғарғы бөлігінде болу уақыты жану камерасының қолданыстағы мөлшерімен шектеледі. Мұның бәрі механикалық толық жағу арқылы жылу жоғалтудың өсуіне әкелуі мүмкін. Сондықтан, осы технологияны енгізу кезінде осы факторды ескеру қажет.

Қазақстанда тангенциалдық жағатын қазандықтар көп, бірақ концентрлік жағу технологиясын енгізілмеген. Сондай-ақ, бұл қазандықтарда төмен реакциялы көмір - Бөрілі және Екібастұз көмірі жағылатынын атап өткен жөн.

Концентрлік жағуға көшірілген тангенциалды оттықтарды қайта құрудың қолданыстағы мысалдары.

Тік ағынды оттықтарыбір-біріне қарам-қарсы құрастырылған бу өнімділігі 640 т/с ПК-40 типті (Белов МАЭС) екі корпусты тік ағынды қазандықта аэроқоспа мен екінші реттік ауа ағындарының оттық қабырғасынан әртүрлі ауытқулары бар оттық осьтерін қайта бғадралау арқылы реконструкция жасалды. Сұйық қожды жоятын реконструкцияланған оттықта азот оксидтерінің шығымдылығын 50-60 %-ға азайтуға қол жеткізілді.

П-57Р типті қазандықта құйынды оттықтардың қарама-қарсы құрастырылуынан концентрлік жағуға - аэроқоспа мен екінші реттік ауаның бір бөлігі әртүрлі бұрышта енгізілетін тік ағынды бұрыштық оттық құрылғысына көшкен кезде, шығарындылар 50 % көп мөлшерге азайтылды. Жұмыс диапазонында түтін газдарындағы азот оксидінің бастапқы концентрациясы  $1600-1000 \text{ мг/м}^3$  болған кезде реконструкция  $600-450 \text{ мг/м}^3$  деңгейіне шығуға мүмкіндік берді.

үшінші реттік ауаның саптамасына арналған экрандарда қосымша айыруды монтаждау, оларға ауа қораптарын жеткізу, көлденеңінен сатылап жағудың және тігінен сатылап жағуды ұйымдастыру арқылы қазандықты реконструкциялаудың капиталдық шығыны 15-25 АҚШ долларын құрайды, ал  $\text{NO}_x$  эмиссиясын төмендету құны 400-440 АҚШ долларын/т  $\text{NO}_x$  [44] құрайды.

#### **4.1.3.8. Шаңды алдын ала қыздыратын жанарғылар**

Азот оксидтерінің түзілуін басу.

Отындық азот оксидін басудың ең тиімді құралдарының бірі - көмір шаңын активті заттардың ұшпа заттар көп бөліне бастайтын температураға дейін алдын ала қызыдыру болып табылады. Егер бұл процесті оттыққа отын түскенге дейін және тотықтырғыштың елеулі жетіспеушілігі ( $i=0,02-0,05$ ) кезінде ұйымдастырса, онда ұшпа заттармен бірге шыққан ( $n \ll 1$  кезінде), ішінара газдандыру өнімдері ( $\text{CO}$ ), құрамында азот бар газ тәрізді отын компоненттерінің көпшілігі ( $\text{NH}_3$  және басқасы) азот оксидін түзу процесіне емес,  $\text{N}_2$  молеҚҚлярлық азоттың түзілуіне қатысады:

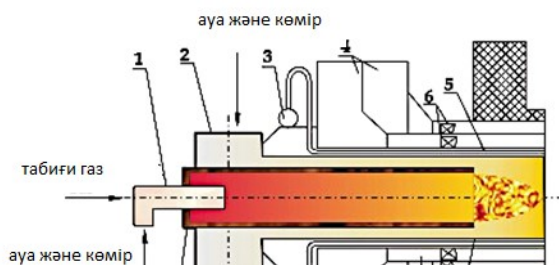
Көмір шаңын алдын-ала термиялық дайындайтын оттықтар көмірдің кең спектріне қолданылады: қоңыр көмірден бастап Т маркалы төмен реакциялы көмірге дейін. Шаңды термиялық өңдеудің 700 нС температурасында отынның азот оксидтерінің шығарындылары отынның метаморфизм дәрежесіне байланысты 2 - 4 есе төмендеуі мүмкін. Бұл  $\text{NO}_x$  концентрациясын әдетте 1,6–2 есе төмендететін белгілі «уыттылығы аз» оттықтардағы мөлшерден әлдеқайда көп. Төмен реактивті көмірді жағу - мұндай

оттықтарды қолданудың ең перспективалы бағыттарының бірі, өйткені аталған « уыттылығы аз» оттықтар олар үшін тиімсіз. Оттықтағы азот оксидінің шығарылымын төмендету әсерін оттықты көмір шаңын алдын ала термодайындаумен үйлестіру арқылы және от жағу камерасында екі немесе үш сатылы жағу әдісімен күшейтуге болады.

ҚазЭҒЗИ стендінде Қузнецк көмірінің шаңын 730 °С дейін қыздыру кезінде  $NO_x$  түзілуінің 2 - 2,5 есе төмендегені анықталды.

БТИ-де айтарлықтай жұмыс жүргізілді. Жасалған оттық нашар Қузнецк көмірімен жұмыс істейтін Кашир МАЭС-нің 50 МВт энергетикалық блогының 300-ші қазандығында сыналды.

4.25-суретте қатты отын термохимиялық жолмен дайындалған оттықтың схемалық түрі ұсынылған.



а-термохимиялық дайындық процесінің схемасы: 1-ТХД-ға жіберетін арна; 2-бастапқы аэроқоспаның ұлуы; 3-жарықтандырғыш газдың коллекторы; 4 - қайталама ауаның ұлуы; 5-газ беру түтіктері; 6-осьтік регистрлер; 7-бастапқы аэроқоспаның арнасы; 8-қайталама ауа арнасы; 9-муфель

4.25-сурет. Көмір термохимиялық жолмен дайындайтын жанарғы

Термодайындау процесін ұтымды ұйымдастыру үшін (қосымша отынды тұтынуды шектеу үшін шаң-газ қоспасының жылу сыйымдылығын азайту, отын азот оксидтерінің эмиссиясын төмендетудің жоғары тиімділігін қамтамасыз ету мақсатында көмір шаңына есептегенде пиролиз аймағында оттегінің берілу коэффициентін  $n < 0,05$  дейін төмендету) және құрылғыны оттықтарға орнатуды жеңілдету үшін көмір шаңын жоғары отын концентрациясы бар шаң массасы түрінде берген жөн.

Әдетте бұл тәсіл аралық шаң бункері бар шаң дайындау жүйелерімен жабдықталған қазандықтарда жүзеге асырылады тікелей үрленетін шаң дайындау жүйелері бар қазандықтар үшін неғұрлым күрделі шешімді қолдану қажет: қосымша шаң бөлгішті және басқа да қосалқы жабдықты орнату қажет.

Мосэнерго ЖЭО 22-де 250 МВт теплофикациялық дубль-блокта ТПП-210А қазандығындағы осыған ұқсас оттықты сынау кезінде нашар ҚҚзнецк көмірін жаққанда  $NO_x$  концентрациясы 1300 мг/нМ<sup>3</sup>-тен 700-800 мг/нМ<sup>3</sup>-ке дейін азайтылды (тіпті 500

мг/нМ<sup>3</sup> деген цифрлар да көрсетілді). Дәл осындай оттықтар Ижевск ЖЭО-2-де енгізілді. Осыған ұқсас оттықтар НАНУ көмір энерготехнологиялары институтында құрылды [45].

Жалпы, алдын ала термохимиялық дайындықпен көмірді жағу әдісін іске асыру жану өнімдеріндегі NO<sub>x</sub> концентрациясының 2,0 - 3,0 есе төмендеуіне әкелетінін айта кеткен дұрыс, алауда кокс бөлшектерінің жану процесі ертерек басталады, мұның өзі әкетілетін жанғыш заттарды азайтады.

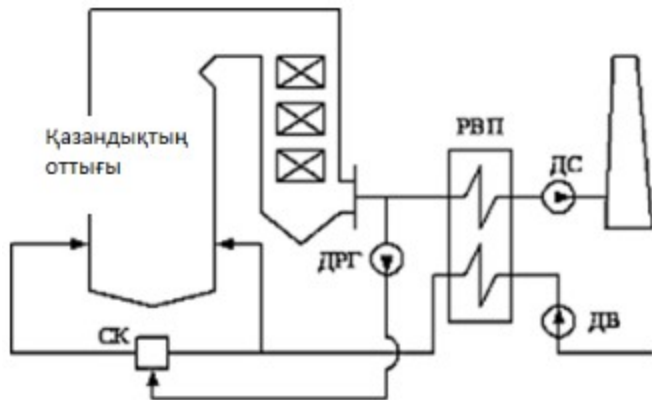
#### **4.1.3.9. Түтін газының қайта айналымы**

Азот оксидтерінің түзілуін басу.

Түтін газдарын пеш камерасына қайта айналдыру азот оксидтерінің концентрациясына азот оксидтерінің түзілу және тотықсыздану реакцияларының өту аймағындағы температураның да, тотықтырғыштың концентрациясының да өзгеруіне, ұшпа заттардың шығу және тұтану кезінде жылу және масса алмасу процестерінің жүзеге асырылуына, көмір коксы бөлшектерін жылытуға және тұтатуға әсер етеді. Оттыққа түтін газын берудің әртүрлі схемалары бар, қайта айналмалы газдар пешке оттықтар арқылы берілген кездегі схема ең оңтайлы әрі нәтижелі болды. Газ-мазут отынын жағу кезінде қайта айналмалы газдардың 15 %-ын беретін мұндай схема NO<sub>x</sub> шығарындыларын шамамен 50 %-ға төмендетеді.

4.26-суретте қазандықтағы түтін газдарын қайта айналдыру схемасы көрсетілген. Схемадан көрініп тұрғандай, қазандықтан кейін түтін газдарының бір бөлігі түтін сорғымен газдарды қайта өңдеу - ТСГҚӨ қазандықтың газ құбырынан алынады және араластыру камерасына - АК беріледі, содан кейін қазандықтың оттықтарына таратылады. Қатты отынды жағу кезінде газдар әдетте күлтұтқыштан кейін алынады. Оттықтағы температураның таралуын теңестіру және жоғары температуралы аймақтарды болғызбауға түтін газдарының қайта айналымы арқылы қол жеткізуге болады. Оттыққа жартылай сұйылтылған ауа берілетіндіктен, жалын түбіндегі оттегі концентрациясы төмендетіледі, сол себепті тұтас жалынның да температурасы төмендетіледі. Мұндай жағу режимі термиялық оксидтердің түзілуіне маңызды әсер етеді, бірақ отындық оксидтерге әсері аз. Сондықтан түтін газының қайта айналымы құрамында азоты жоғары отынға қарағанда азоты төмен отынға қолданғанда жақсы нәтиже береді. Жалпы, бұл технология негізінен газ-мазут отынын жағу кезінде қолданылады.





4.26-сурет. Қазандықтың оттығына түтін газының қайта айналымының типтік схемасы

Қазақстанның негізгі энергетикалық көмірлеріне, Екібастұз және Бөрілі көміріне газдың қайта айналымын қолдану мақсатқа сай емес, себебі ол жағу температурасын біршама төмендетіп жіберуі мүмкін. мұның өзі көмір кесектерінің жану тиімділігін азайтады. Десек те, Шұбаркөл және Қаражыра сияқты ұшпа заттарының шығымдылығы жоғары жоғары реактивті және жоғары калориялы бірқатар көмір үшін газ рециркуляциясын қолдану азот оксидтерін 10-20 % деңгейінде төмендетуге әсер етуі мүмкін. Төмен реакциялы көмір үшін бұл әсер аз болады және алаудың жану тұрақтылығы бұзылады.

Тұтастай алғанда, түтін газдарын рециркуляциялау технологиясын қолдану негізінен төмен реакциялық Екібастұз және Бөрілі көмірін қолданатын Қазақстанның көмір энергетикасы үшін тиімсіз екенін атап өтуге болады.

#### 4.1.3.10. Жоғары концентрациядағы шаңды (ЖКШ) беру

Азот оксидтерінің түзілуін басу

Шаңды беру тәсілінің мәні мынадай: оттықтарға шаң бастапқы ауамен емес, қоспадағы шаңның жоғары концентрациясы кезінде тәуелсіз автономды ауамен беріледі (0,3-0,6 КГ/КГ концентрациясы бар дәстүрлі схемаларға қарағанда 30-50 кг отын/кг ауа). Мұндай жағдайда шаң өткізгіштердің диаметрі оттықтардың қуатына байланысты (қолданыстағы жүйелердегі 300-500 мм орнына) тек 40-80 мм құрайды, ал тасымалданатын ауаның шығыны жағуға жұмсалатын ауаның жалпы шығынының 0,1—0,3 %-ға жуығын құрайды.

Жана шаң беру жүйесі төмендегілерге мүмкіндік береді:

қазандық агрегатының орналасуын жеңілдету;

металл үнемдеу арқылы қазандық агрегатының орналасуын арзандату, сондай-ақ шаң өткізгіштерді жөндеу және ауыстыру шығындарын азайту;

өз қажеттіліктеріне электр энергиясының шығындарын азайту;

NO<sub>x</sub> шығарындыларын орташа есеппен 30 % азайту.

Кешенді зерттеулер нәтижесінде жаңа прогрессивті технология - тасымалдау агентінің (сыртқы көзден немесе ауа эжекторының бу шаңының көмегімен сығылған ауа) төмен жылдамдығы (6-12 м/с) кезінде шағын диаметрлі (60-80 мм) шаң өткізгіштері бойынша 100 кг/кг тең шаң концентрациясы (ЖКШ) бар шаң беру жүйесі әзірленіп, жүзеге асырылды.

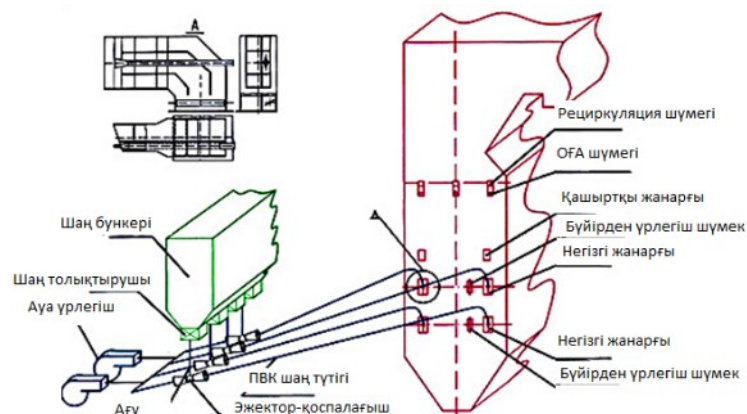
ЖКШ жүйесі (4.24-сурет) мыналарды қамтиды: шаңды аэрациялау үшін сығылған ауа көзі, өндірістік бункер, аэрация шаң жинағышы, оттыққа шаңды тасымалдау үшін ауа беру құрылғылары, шаң өткізгіштер, негізгі бастапқы ауаның шаң өткізгішіне жоғары концентрациялы шаң жинағыш, оттық. Жалпы алғанда ЖКШ қолдану азот оксидтерінің эмиссиясын 10-20 %-ға дейін азайтуға мүмкіндік береді: пайдаланылатын көмірдің түріне байланысты.

Белов МАЭС-інде жүргізілген кешенді сынақтардың нәтижесінде ЖКШ жүйесін енгізу кезінде төмендегілер анықталды [46]:

қазандықтың жалпы тиімділігінің артуы 1,02 МВт жүктеме кезінде 200 % құрады;

сұйық қож тұрақты жойылып отырды;

$NO_x$  түзілуі 20 і 21,4 %-ға төмендеді.



4.27-сурет. Жоғары концентрациядағы шаңды беру схемасы

Жоғары концентрациядағы шаңды - ЖКШ беру технологиясы өнеркәсіптік бункері бар қазандықтарда қолданылады.

#### 4.1.3.11. Көпіршікті және айналмалы қайнаған қабатта қатты отынды жағу

Жоғарыда айтылғандай,  $NO_x$  эмиссиясын төмендетудің бір әдісі-төмен температуралы көпіршікті (КҚК) және айналмалы (АҚК) қайнаған қабатта қатты отынды жағу. КҚК және АҚК технологиясының сипаттамасы 5.1-бөлімде қарастырылды.

Отынды жағу процесі инертті толтырғыштан (кұм немесе басқа қатты отқа төзімді материал), көмір бөлшектерінен, көмір күлінен және күкірт сіңіретін сорбенттерден - негізінен әктастан тұратын қайнаған қабатта жүзеге асырылады. Бұл ретте көмірдің түріне байланысты 0-ден 6-25 мм-ге дейін ұсақталған көмір қолданылады. КҚК

қабатындағы газды сүзу жылдамдығы 2-3 м/с, АҚҚ қазандықтары үшін - 5-6 м/с дейін құрайды.

Қайнаған қабаттағы көмірді жағу процесі 750-950 °С температурада жүзеге асырылады, бұл процесте азот оксиді түзілмейді, сонымен қатар отындық азот оксидінің түзілуі азаяды. Азот оксиді эмиссиясының азаюына көмір кесектерінің жану ерекшелігі де әсер етеді. NO түзілу процесі 4.1 реакциясы бойынша және ішінара 4.4 реакциясы бойынша жүзеге асырылады. NO<sub>x</sub> қалпына келтіру 4.2; 4.3 және 4.5 реакциялары бойынша жүзеге асырылады. Бірақ сонымен бірге, көміртозаңды толық жағудан айырмашылығы, NO тотықсыздану процесіне 4.5 реакциясы, яғни көмір (кокс) бөлшегінің бетіндегі тотықсыздану қатты әсер етеді. Көпіршік қабатындағы көмір бөлшектерінің жоғары мөлшері төменгі қабатта пайда болған NO-ны N<sub>2</sub>-ге дейін тиімді қалпына келтіруді қамтамасыз етеді, өйткені газдар қабат арқылы өтеді. АҚҚ-да көмірді жағу кезінде NO<sub>x</sub> эмиссиясының төмендеуіне күшті әсер ететін қосымша фактор газдардағы CO мөлшерінің жоғары болуы, ВРР ауа тарату торынан бастап қайталама ауаны беру орнына дейін өте маңызды қалпына келтіру аймағының болуы болып табылады. Сондай-ақ, АҚҚ-да жағу кезінде оттықтың барлық көлемінде оттықтан шығарылған қатты фаза бөлшектерін рециркуляциялау есебінен құрамында көмір бөлшектері жоғары жоғары концентрацияланған екі фазалы ағын пайда болады. Осы екі фактордың болуы: оттық пен CO көлеміндегі көмір бөлшектерінің көп болуы 4.3 және 4.5-ке төмендету реакцияларына байланысты NO<sub>x</sub> эмиссиясының айтарлықтай төмендеуіне әкеледі.

Қатты отынды АҚҚ-да жағу NO<sub>x</sub> эмиссиясын 200 мг/Нм<sup>3</sup> көп емес деңгейде ұстап тұруға мүмкіндік береді.

#### **4.1.3.12. Селективті каталитикалық емес қалпына келтіру (СКЕК)**

Азот оксидтерінің эмиссиясын азайту

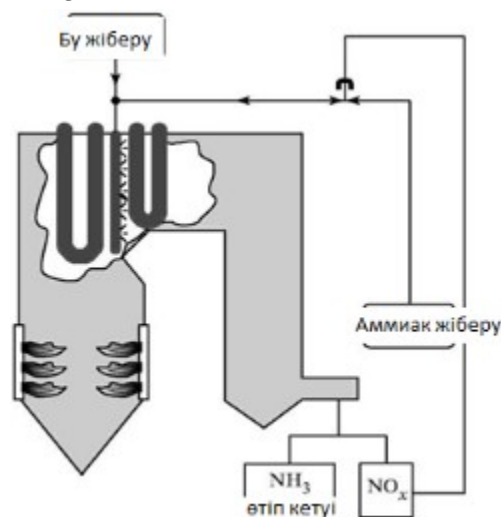
Технологияның мәні аммиак, несепнәрнемесе амин негізіндегі басқа ұқсас қосылысты енгізу болып табылады, ол NO<sub>x</sub>-пен оттегі болған кезде әрекеттеседі және оны ыдыратып, азот пен су түзеді. Реагентті енгізу температурасы 850-1100 °С болатын аймақта жүзеге асырылады. Азот оксидтерін оттегінің қатысуымен қалпына келтіру кезінде аммиак пен оның туындыларының (несепнәр, цианур қышқылы, меламин, формаид, цианамид және т. б.) жоғары селективтілігін 1975 жылы Лайон (Exxon Research and Engineering Company) анықтады. Осы зерттеулердің негізінде АҚШ-та бірқатар фирмалар азот оксидтерін каталитикалық емес азайту технологиясын жасап,

енгізді. СКЕҚ технологиясының негізгі артықшылықтары - капитал салымы мен металл сыйымдылығының төмендігі болып табылады. Үлестік күрделі шығындар бір кВт үшін 10-15 АҚШ \$ .

Азот оксиді тотығының негізгі реакциясы 4.6 формуласы бойынша жүзеге асырылады. Температураның төменгі шекарасына жеткенде реакция жылдамдығы едәуір төмендейді, ал жоғарғы шекараға жеткенде аммиактың жағымсыз тотығу реакциясы басым бола бастайды:



4.28-суретте СКЕҚ технологиясын іске асырудың негізгі схемасы көрсетілген [47]. Суреттен көрініп тұрғандай, берілген аммиак мөлшері қазандықтың шығысындағы түтін газдарындағы азот оксиді мен аммиак концентрациясын өлшейтін құралдардың көрсеткіштері бойынша автоматты түрде реттеледі. СКЕҚ жүйелерін пайдалану кезінде  $\text{NH}_3/\text{NO}_x$  оңтайлы моль қатынасы 1,5 - 2,5 құрайды.

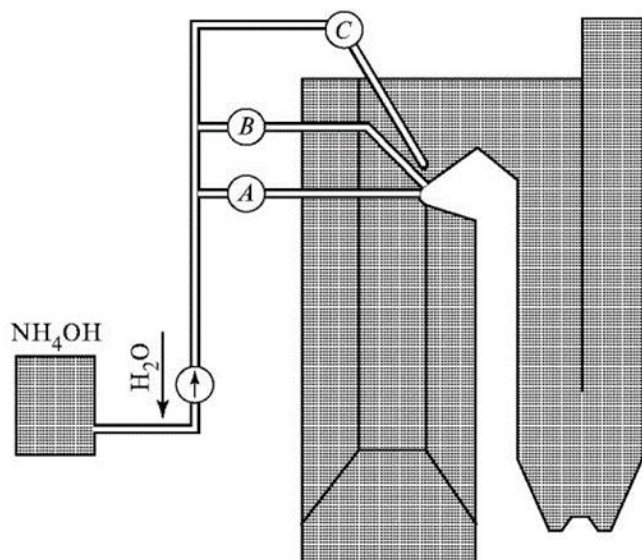


4.28-сурет. СКЕҚ процестерін ұйымдастыру схемасы

Технологияның проблемасы диапазонында осы әдіс жүзеге асырылатын 850-1100 °С температуралық аймағы болып табылады. Қазандықтың жүктемесі өзгерген кезде қажетті температура аймағы қазандықтың оттығы мен газ құбырларындағы орнын өзгертеді. Газдардың температурасы 1100 °С жоғары болған кезде реагентті беру  $\text{NO}_x$

қосымша генерациясына әкеледі, реагентті 850 °С төмен температуралық аймаққа енгізген кезде қоршаған ортаға реакцияланбаған аммиак (күшті ластағыш болып табылатын) өтіп кетеді. SNKV технологиясын қолданатын қазандықтардағы қажетті температура аймағының қозғалысының салдарын болғызбау үшін температураның қозғалысына

байланысты берілетін реагентті енгізу нүктелерінің көп саны белгіленеді (4.29-сурет), бұл технологияны енгізуге капитал шығындарының ұлғаюына әкеледі.



4.29-сурет. Ағынға аммиак суын енгізудің әртүрлі әдістері

Реагентті енгізудің мұқият бақыланатын жағдайларында осы технологияны іске асыру азот оксидтерінің эмиссиясын 40-50 %-ға дейін төмендетуге мүмкіндік береді (қазіргі уақытта іс жүзінде қол жеткізілген көрсеткіштер).

СКЕК жетілдірілген технологиясы БТИ-мен бірге Губкин атындағы Ресей мемлекеттік университетінде әзірленіп, патенттелген.

Жетілдірудің мәні сұйық аммиакты қолданумен салыстырғанда станцияда қолданудың экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ететін азот оксиді карбамидін тотықсыздандырғыш ретінде қолдану болып табылады.

Әзірленген технология белгілі каталитикалық емес технологиялармен салыстырғанда тотықсыздандырғыштың нақты шығыны аз болған кезде газдарды тазартудың жоғары дәрежесін қамтамасыз етеді. Тазарту процесі жанама өнімнің - көміртегі тотығының (СО) пайда болуымен бірге жүрмейді және реакцияланбаған аммиактың едәуір аз шығарылуымен сипатталады.

Технология Кашир МАЭС және Тольятти ЖЭО-да енгізілді (оларды газ жағуға ауыстырғанға дейін). СКЕК орнатқаннан кейін алынған азот оксидтерін тазарту нәтижелері бойынша азот оксидтерінің концентрациясы  $150-200 \text{ мг/м}^3$  құрады.

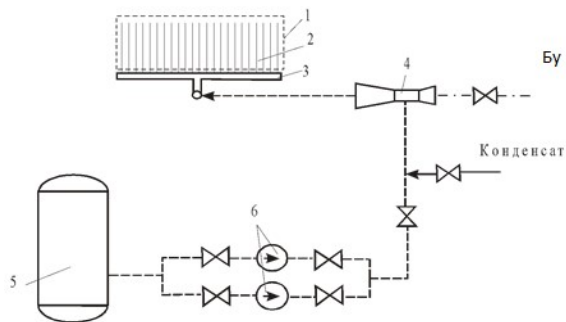
СКЕК технологиясын енгізу бойынша шығындар 21-23 АҚШ доллары/кВт құрады.

4.30-суретте Тольятинск ЖЭО-да қондырғының негізгі технологиялық схемасы (СКЕК) берілген. Технология төмендегідей жүзеге асырылады [48].

Аммиак суын сақтауға арналған стационарлық ыдыстан 5, екі сорғы-дозатордың біреуімен 6 (бір сорғы - резервті) аммиак суы 4 араластырғышқа беріледі, онда аммиак суы буланып кетеді. Араластырғыштан кейін аммиак пен бу қоспасы 1 газ құбырына бүріккіш құрылғысына,  $900-1070 \text{ }^\circ\text{C}$  температура аймағына келіп түседі.

Бу 3 коллектор арқылы саптамаларды және таратушы құбырларды салқындату үшін қажетті мөлшерде оларды пайдаланудың берілген ресурсын қамтамасыз ететін температураға дейін, сондай-ақ газ өткізгіштің қимасы бойынша аммиакты тарату үшін жеткілікті мөлшерде беріледі.

СКЕК процесі жоғары температураларда  $\text{NO}_x$  реакциясы үшін түтін газдарының ағындарына аммиактың жіберілуіне тәуелді. Көмірді жағу кезінде  $\text{NO}_x$  қалпына келтіру дәрежесі әдетте 50 % дейін жетеді.



1-аммиакты газ құбырына құюға арналған құрылғы, 2-таратушы құбырлар, 3-коллектор, 4-араластырғыш, 5-сыйымдылық, 6-сорғы-дозатор

4.30-сурет. Тольятинск ЖЭО қондырғысының негізгі технологиялық схемасы (СКЕК) Газды тазарту процесі газды  $\text{NO}_x$  тазартудың қажетті дәрежесін белгілеуге және сақтауға; процестің барлық параметрлерін бақылауға және қажет болған жағдайда олардың мәндерін өзгертуге; тазарту процесінің статистикасын өңдеуге және оны графикалық немесе басқа түрде компьютер дисплейіне шығаруға мүмкіндік беретін автоматты басқару жүйесімен реттеледі.

Соңғы жылдары реакциялық аймаққа кейбір басқа заттарды тотықсыздандырғышпен бірге беру процестің температуралық «терезесінің» кеңеюіне және нәтижесінде реакция уақытының ұлғаюына және тиімділіктің жоғарылауына әкелетіні көрсетілді. СКЕК жүйесін іс жүзінде іске асыру кезінде мыналармен байланысты бірқатар қиындықтар туындайды:

газ өткізгіштің барлық қимасы бойынша түтін газдарының температуралық әркелкілігінің болуы;

қазандық жүктемесінің өзгеруі кезінде реакциялық аймақтағы температураның өзгеруінің алдын алудың мүмкін еместігі;

реакцияның жүруіне қажетті уақытты қамтамасыз ету үшін реакциялық аймақтың жеткіліксіз ұзақтығы;

барлық жерде  $\text{NH}_3/\text{NO}_x$  қатынасы оңтайлы мәнге жақын болатындай етіп, газ өткізгіштің қимасы бойынша аммиакты бөлудің мүмкін еместігі;

газ температурасы 1100 ыС-тан асқан кезде аммиактың  $\text{NO}_x$  дейін тотығу реакциясының жүруіне байланысты түтін газдарындағы азот оксидтерінің концентрациясының өсу мүмкіндігі;



газдардың температурасы  $950^{\circ}\text{C}$  төмен төмендеген кезде улы аммиактың өтуі.

#### 4.1.3.13. Селективті каталитикалық қалпына келтіру (СКК)

Азот оксидтерінің эмиссиясын азайту

Отынның барлық түрлерінде жағылатын өнімдерден азот оксидін жоюдың екінші технологиясының ең тиімдісі селективті каталитикалық қалпына келтіру (СКК) технологиясын пайдалану арқылы азот оксидтерін инертті газ тәрізді азотқа дейін қалпына келтіру болып табылады. Катализаторларды қолдану азот оксидтерінің каталитикалық емес тотықсыздану әсерін күшейтеді, реагенттердің құнын төмендетеді және процестің температурасын едәуір төмендетеді. СКК технологиясының тиімділігі жоғары болған кезде СКК қарағанда үлестік капитал шығындары біршама жоғары. Керісінше, СКК технологиясымен салыстырғанда аммиакты пайдаланудың жоғары селективтілігі салдарынан СКК технологиясы кезінде қалпына келтіргіштің шығыны, көбінесе аммиактың шығыны 2-3 есе төмен.

СКК процесінде  $\text{NO}_x$ -ты қалпына келтіру түтін газдарына аммиакты беру жолымен, олар катализатор арқылы өткен кезде жүзеге асырылады, бұл  $\text{NO}_x$ -тың 90 %-дан жоғары қалпына келу деңгейін қамтамасыз етеді.

Денитрификация процесі 4.3 - 4.9 теңдеулерімен сипатталады.

Алғаш рет СКК процесі Жапонияда өткен ғасырдың 70-ші жылдарының соңында жүзеге асырылды және қазіргі уақытта кеңінен қолданылады, бұл процесті зерттеу жалғасуда және негізінен дәстүрлі катализаторлардың ресурстарын ұлғайтуға және түбегейлі жаңа каталитикалық жүйелерді дамытуға бағытталған.

Селективті каталитикалық тотықсыздану кезінде азот -  $\text{NO}$  және  $\text{NO}_2$  оксидтері түтін газдарынан газ жолына (әдетте сулы ерітінді түрінде), мысалы, аммиакпен (немесе мочевинамен) енгізілетін реакция өнімдері түрінде шығарылады. Газдар  $\text{NO}_x$  таңдалған реагентпен әрекеттесіп, элементар азотқа дейін азайтылатын катализаторы бар СКК реакторынан өтеді, реакцияның жанама өнімі су буы болып табылады.

$\text{NO}_x$  каталитикалық қалпына келтіру процесінің температуралық аймағы  $300^{\circ}\text{C}$ -тан жоғары. Байланыс уақыты минималды, бұл түтін газдарының жоғары ағымына байланысты. Катализаторларға өте қатаң талаптар қойылады ы каталитикалық әрекеттің жоғары белсенділігі мен селективтілігі, жылу тұрақтылығы, уларға төзімділік, жоғары механикалық беріктік. Катализаторлар қауіпті болмауы керек және олардың өндірісі қоршаған ортаны қосымша ластамауы керек.

Азот оксидінің жоғары температуралы каталитикалық емес қалпына келтіруін (СКК) біріктіретін аралас схеманы қолдану және төмен температуралы каталитикалық қалпына келтіруді (СКК) қолдану, газдарды  $\text{NO}_x$ -тен толықтай тазартуға мүмкіндік береді, реакцияланбаған аммиактың өтуін едәуір төмендетеді, азот оксидтерінің

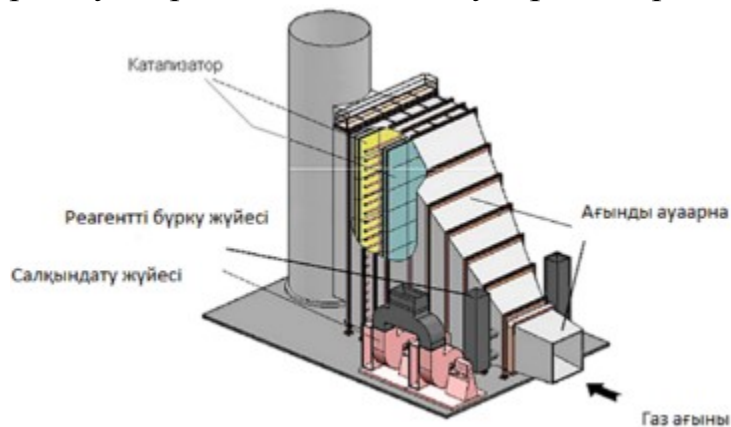
каталитикалық емес тотықсыздану әсерін бірнеше есе арттырады, реагенттердің құнын төмендетеді және тазарту жүйесінің тұрақтылығын арттырады. Бұл әдісті қолданған жағдайда тазалаудың тиімділігі 90 %-дан асады, бұл  $\text{NO}_x$  үшін ең қатаң еуропалық экологиялық стандарттардың орындалуын қамтамасыз етеді .

СКҚ жүйесінің құрамына мыналар кіреді:

- 1) каталитикалық реактор;
- 2) реагент беру жүйесі.

Төмен температуралы каталитикалық тазартуды біріктіретін гибридті технологияны қолдану  $\text{NO}_x$  газдарының толық тазартылуын қамтамасыз етуге және реакцияланбаған аммиактың өтуін едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Карбамидті тотықсыздандырғыш ретінде қолданған кезде катализатордың температуралық диапазоны айтарлықтай кеңейеді. Бұл жылу қондырғыларының жүктемесі өзгерген кезде газдарды тазарту тиімділігін тұрақтандырады.

4.31-суретте СКҚ жүйесі схемалық түрде ұсынылған. СКҚ реакторындағы газ ағыны газ құбырында орнатылған қалқалармен және ағынды түзеткіштермен бағытталады және бақыланады, олар катализатор қабаттары бойынша түтін газдарының біркелкі таралуын қамтамасыз ету кезінде қысымның жоғалуын барынша азайтады. Бұл элементтердің дизайны мен орналасуы гидродинамикалық есептеулердің нәтижелеріне негізделген (computerized fluid dynamics, CFD). Катализаторлар модульдер түрінде жеткізіледі. Олар СКҚ реакторында жеке деңгейлерде (қабаттарда) оорналастырылады. Катализатордың түрі мен сыйымдылығын таңдаудың негізгі параметрлері түтін газдарының көлемі мен құрамы,  $\text{NO}_x$  бастапқы және мақсатты концентрациясы, мақсатты тұтыну және аммиактың рұқсат етілген шығарындылары, сондай-ақ каталитикалық жүйенің қажетті қызмет ету мерзімі мен жұмыс температурасының диапазоны болып табылады. Реактордың кірісі жылу алмастырғыштың шығысымен байланысты; жалғағыш каналда СКҚ реакторына келіп түсетін газ температурасын реттеуге арналған салқындату жүйесі бар.



4.31-сурет. СКҚ жүйесі



СКК реакторының конфигурациясы, әдетте, жүйе шығарындылардың талап етілетін шектерін қамтамасыз ететін катализатор қабаттарының белгілі бір санын қамтиды, алайда оған қосымша резервтік деңгей де қосылуы мүмкін, ол болашақта талап етілуі мүмкін, шығарындылардың қатаң нормаларын енгізген жағдайда, бірақ әдетте каталитикалық элементтердің шығынын оңтайландыру мақсатында орнатылады, яғни катализатордың ресурсын кәсіпорынның өндірістік науқанына байланысты жоспарланған ауыстыру сәтіне катализатордың толық тозуын жоспарлау үшін басқарады. Әпбір жұмыс деңгейінде катализатордың беткейіндегі шаңды тазалайтын пневматикалық жүйелер орнатылған. Осы тазарту құрылғыларын резервтеу есебінен катализатордың тазалығын сақтауға, демек, шығарындылар лимиттерін сақтауға кепілдік беріледі.

СКК жүйесінің конструкциясы каталитикалық қалпына келтіру реакторына дейін және одан кейін газ талдағыштарды орнатуды білдіреді, сондай-ақ реакторға айналып өтіп, түтін газын беру мүмкіндігін қамтамасыз ететін реактордың байпасы орнатылады. Аммиактың берілу жылдамдығы газдың шығуындағы  $\text{NO}_x$  концентрациясымен бақыланады. Катализатор қабаты сығылған ауа мен буды қолдана отырып, үзіліссіз (кем дегенде 24 сағат ішінде бір рет) тазартылады. Химиялық реакциялардың соңғы өнімдері азот пен су буы болып табылады, олар қоршаған ауаның табиғи компоненттері болып табылады және атмосфераға шығарылуы мүмкін.

Тотықсыздандырғыш агент (реагент), катализаторға дейін түтін газдарының ағынына енгізіледі. Катализатордың бетіне жақын жерде төмендету реакциялары әртүрлі қарқындылық дәрежесінде жүреді, нәтижесінде азот оксидтері молекулалық азотқа өтеді. Қалпына келтіру процесі 4.3.6 - 4.3.9 реакциялары бойынша жүзеге асырылады. Аммиакты енгізу негізінен алдын-ала буланған және аралас сусыз аммиакпен ауа қоспасын үрлеу арқылы жүзеге асырылады, аммиактың сулы ерітіндісін тікелей ағынға бүріккіш - сирек қолданылады.

Карбамидті енгізу негізінен несепнәр ерітіндісін түтін газдарының ағынына тікелей бүріккіш арқылы жүзеге асырылады. Не болмаса аммиак-газ қоспасын алу және кейіннен үрлеу арқылы карбамидті алдын ала газдандыру және ыдырату жүргізіледі.

Электр станциясындағы аммиак, әдетте, су ерітіндісі түрінде немесе сұйытылған күйде 1,7 МПа (17 бар) қысымда және 20 °C температурада сақталады. Шағын қондырғылар үшін көбінесе қымбат, бірақ тасымалдау және сақтау кезінде газ құбырына инъекциялау алдында суда еритін ақ кристалды түйіршіктер түріндегі қауіпсіз несепнәр қолданылады.

Аммиактың сулы ерітіндісі газ құбырына кірер алдында электр жылытқышында қыздырылады. Аммиак ерітіндісін жылыту үшін бу немесе ыстық суды да қолдануға болады.  $\text{NO}_x$  қалпына келтіру тиімділігін арттыру және аммиак ағынын азайту үшін инъекцияланған реагенттің біркелкі таралуын қамтамасыз ету қажет. Катализатор

алдындағы газ өткізгіштің барлық қимасы бойынша қажетті  $\text{NH}_3/\text{No}_x$  қатынасын сақтаған кезде ғана аммиактың өтуін оның түтін газдарындағы 2 ppm (көлемі бойынша 0,0002 %) аспайтын концентрациясына дейін азайтуға болады.

Аммиактың минималды өтуіне қол жеткізуге мәжбүрлейтін екінші себеп - 220 -С температураға дейін салқындаған кезде түтін газдарындағы  $\text{NH}_3$ -тің  $\text{SO}_3$ -пен әрекеттесуінің қауіптілігі. Осы жағдайда пайда болатын аммоний бисульфаты қыздыру беттерінің ластану және коррозия қаупін арттырады. Атап айтқанда, режимдік параметрлерден басқа, азот оксидтерін тұтудың тиімділігі катализатордың өзіне, соның ішінде түтін газдары аммиакпен араласқан каталитикалық тордың формасына байланысты. Іс жүзінде пластиналық немесе ұялық типтегі каталитикалық реакторлар басқаларына қарағанда жиі кездеседі. 4.32-суретте ұялық катализатор ұсынылған. Ұялық құрылымдар әртүрлі қимада бойлық арналары бар параллелепипедтер түрінде болады. Негізінен, бұл катализаторлар біртекті катализатор массасын экструзиямен шығарады; каналдардың минималды өлшемдері 2x2 мм болатын төртбұрышты бөлімі бар. Жалпақ катализаторлар каталитикалық материал қолданылатын тот баспайтын болаттан жасалған тордан жасалады.

Азот оксидтерін селективті қалпына келтіру катализаторлары ретінде ванадий, хром, мырыш, темір, мыс, марганец, никель, кобальт, молибден және т. б. оксидтері сыналды. Олардың каталитикалық белсенділігі 200— 350 iC кезінде төмендейді:

$\text{Pt} > \text{MnO}_2 > \text{V}_2\text{O}_5 > \text{CuO} > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Cr}_2\text{O}_3 > \text{Co}_2\text{O}_3 > > \text{MoO}_3 > \text{NiO} >$

$\text{WO}_3 > \text{Ag}_2\text{O} > \text{ZnO} > \text{Bi}_2\text{O}_3 > > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{SiO}_2 > \text{PbO}.$

Ұялық құрылымның блок катализаторлары (белгілі бір геометрияның параллель арналары бар және олардың арасындағы жұқа бөлетін қабырғалары бар жасушалық құрылым) бірқатар ерекше қасиеттерге ие болады: геометриялық құрылымның едәуір біркелкілігі, бетінің көлемге максималды қатынасы, төмен гидравликалық қарсылық, сонымен қатар жоғары механикалық беріктік және жылу тұрақтылығы. Блоктық катализаторларды төмен байланыс уақыттары мен реакциялық жүйелердің жоғары көлемдік жылдамдығы кезінде жоғары эндотермиялық әсерлері бар процестерде қолдану өте орынды. Блок катализаторлары батыс елдерінде газды тазарту тәжірибесінде кеңінен қолданылады. Танымал «Corning», «Engelhard» (АҚШ), «Siemens», «Degussa», «BASF» (Германия), «NGK» (Жапония), «Haidor Topsoe» (Дания) фирмалары және басқалары блокты ұялық тасығыштар мен катализаторларды шығарады.

Азот оксидтерін аммиакпен селективті азайту кезінде 250-400 eC кезінде түйіршіктер немесе ұялық блоктар түрінде  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$  оксидті катализаторды пайдаланады.  $\text{WO}_3$ , силикатты қоспалар тізбек ретінде қолданылады. «Shell» фирмасының катализаторы төмен температураларда (120-350 aC) және көлемдік жылдамдықтарда  $40000 \text{ м}^3/\text{м}^3(\text{кат})$

тсағ жұмыс істей алады. Отындағы күкірт мөлшері аз болған кезде катализатордың қызмет ету мерзімі 100 мың сағатқа (16 жыл) жетеді. Алайда,  $\text{SO}_2$ -нің  $\text{SO}_3$ -ке тотығу реакциясы катализатордың сульфаттануына және бұзылуына әкеледі. Сонымен қатар, аммиак артық болған кезде аммоний сульфаты пайда болады, ол технологиялық жабдықтың суық аймақтарында тұнып, коррозия тудырады, сонымен қатар газ ағынына қосымша қарсылық тудырады.

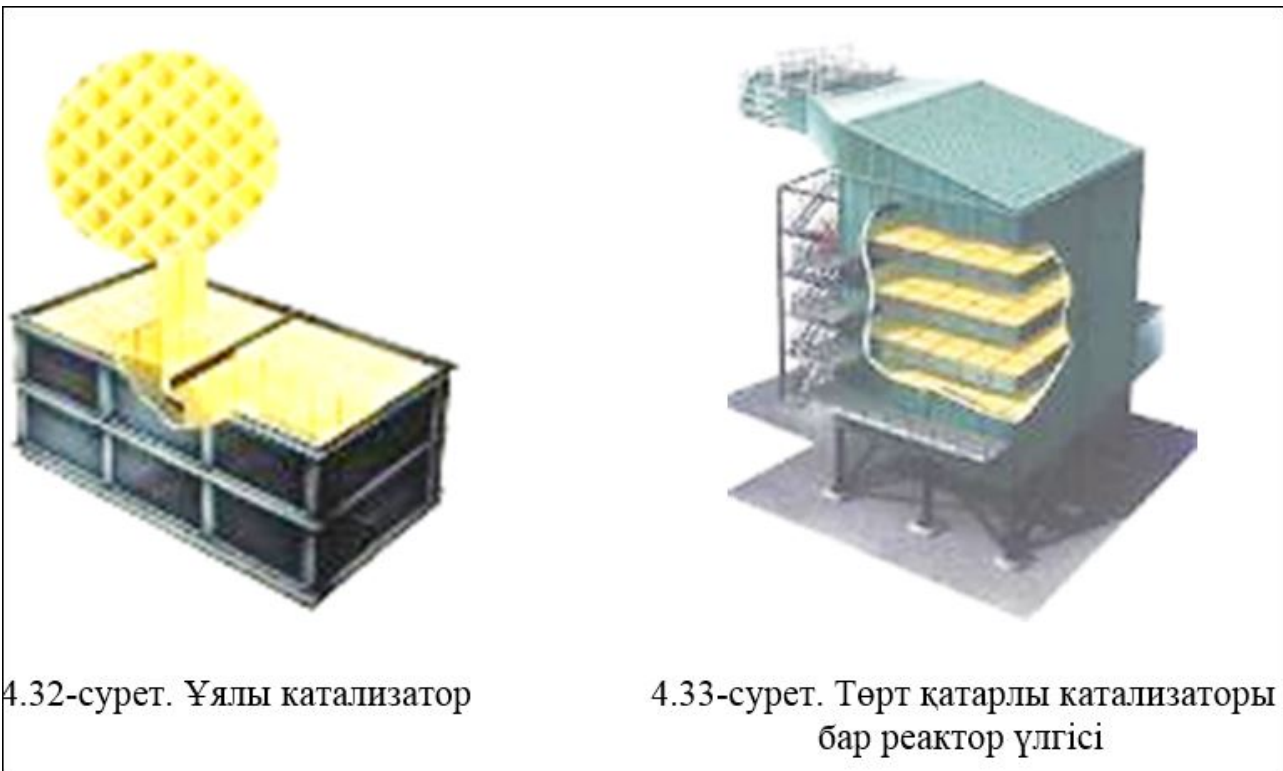
Керамикалық монолитті және композитті СКҚ катализаторлары үшін ванадий, титан және вольфрам оксидтері кеңінен қолданылады ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$  және  $\text{WO}_3$ ). Әдетте төсеніш титан оксидінен, ал жұмыс беті ванадий оксидінен жасалады.

Жалпы, өнеркәсіпте қолданылатын катализаторлардың жұмыс температурасы катализатордың түріне, отын түріне, жану газының құрамына және тазарту жүйесінің басқа компоненттеріне байланысты 180-500 ыС аралығында болады.

СКҚ реакторының конфигурациясы, әдетте, жүйе шығарындылардың талап етілетін шектерін қамтамасыз ететін катализатор қабаттарының белгілі бір санын қамтиды, алайда оған қосымша резервтік деңгей де қосылуы мүмкін, ол болашақта талап етілуі мүмкін, шығарындылардың қатаң нормаларын енгізген жағдайда, бірақ әдетте катализаторлық элементтердің шығынын оңтайландыру мақсатында орнатылады, яғни катализатордың ресурсын кәсіпорынның өндірістік науқанына байланысты жоспарланған ауыстыру сәтіне катализатордың толық тозуын жоспарлау үшін басқарады. Әпбір жұмыс деңгейінде катализатордың беткейіндегі шаңды тазалайтын пневматикалық жүйелер орнатылған. Осы тазарту құрылғыларын резервтеу есебінен катализатордың тазалығын сақтауға, демек, шығарындылар лимиттерін сақтауға кепілдік беріледі. 4.33-суретте мысал ретінде катализатордың төрт қабаты бар реактор схемалық түрде келтірілген.

Катализатор реактордың ішіне орнатылады, оны тазарту жүйесінің әртүрлі жерлерінде орналастыруға болады. Көбінесе екі конфигурация қолданылады: тазарту жүйесінің кіреберісінде (жоғары ластану жүйесі) және оның шығысында (тазартылған газбен жұмыс істейді). Ең жақсы шешім процестің параметрлерін, орнату орнын және шешімнің құнын ескере отырып таңдалады.

Аммиактың немесе несепнәрдің сулы ерітіндісі СКҚ жүйесінің кіре берісіндегі құбырға енгізіледі және дереу буланады. Аммиак ерітіндісін бүріккіш үшін екі ағынды саңылаулар (аммиак және сығылған ауа) қолданылады. Аммиакты бүріккіш нүктелерінен кейін құбырға орнатылған статикалық араластырғыштар жүйесі аммиактың жеткілікті араластырылуын қамтамасыз етеді. Газ бен аммиак қоспасы қондырғыға жоғарыдан келіп, төменгі бөлігінде көлденеңінен шығады. Газ тарату жүйесі қондырғының барлық көлденең қимасы бойынша газдың тиісті таралуын қамтамасыз етеді.



4.32-сурет. Ұялы катализатор

4.33-сурет. Төрт қатарлы катализаторы бар реактор үлгісі

4.4-кесте. Азот оксидтерінің эмиссиясын азайту техникаларын салыстыру

Р/с №	Азот оксидтерінің эмиссиясын төмендету техникасы	Төмендеу дәрежесі, %
1	2	3
1	Артық ауаны бақылап азайту.	10-35
2	Стехиометриялық емес жағу	25-35
3	Қазандықты реконструкцияламай жеңілдетілген екі сатылы жағу.	10-15
4	Ауаны кезенді беретін төмен эмиссиялық жанарғылар (LNB)	30-50
5	Қазандықтарды реконструкциялау арқылы екі сатылы (ауаны кезенді беру) жағу	20-50
6	Екі сатылы жағу және уыттылығы аз жанарғыларды аралас пайдалану	75 дейін
7	Үш сатылы жағу	40-75
8	Үш сатылы жағу және уыттылығы аз жанарғыларды аралас пайдалану	75-80
9	Концентрлі жағу	20-50
10	Шаңды алдын ала қыздыратын жанарғылар	50-65
11	Түтін газының қайта айналымы	10-20
12	Жоғары концентрациялы шаңды (ЖКШ) беру	10-20
13	Көпіршікті және айналымдағы қайнаған қабатта қатты отынды жағу	200 мг/Нм <sup>3</sup> дейін
14	Селективті каталитикалық емес қалпына келтіру (СКЕК).	40-50
15	Селективті каталитикалық қалпына келтіру (СКК).	90-ға дейін

4.1.4. NO<sub>x</sub> және SO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбаудың және/немесе азайтудың аралас техникалары

4.1.4.1. Ылғалды озон-аммоний әдістері

Азот және күкірт оксидтерінің түзілуін басу.

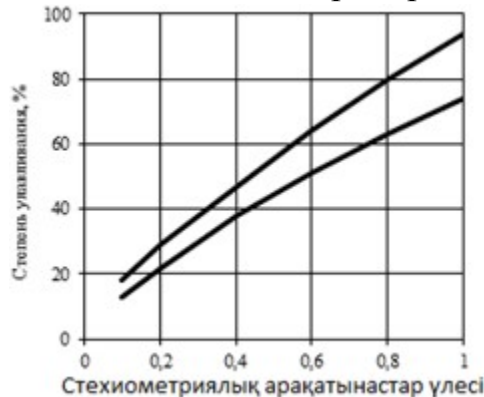
Бұл әдіс КСРО-да жасалған, сонымен қатар шетелде Германия мен Жапонияда қолданылады. Осы әдістерді жүзеге асыратын технологиялар ЖЭС түтін газдарын  $\text{NO}_x$  азот оксидтерінен және  $\text{SO}_2$  күкірт оксидтерінен бір мезгілде тазартуға арналған.

Процесс газ фазасындағы азот оксидін  $\text{O}_3$  озонымен азот диоксидіне мынадай реакция арқылы тотықтыру арқылы жүзеге асырылады:



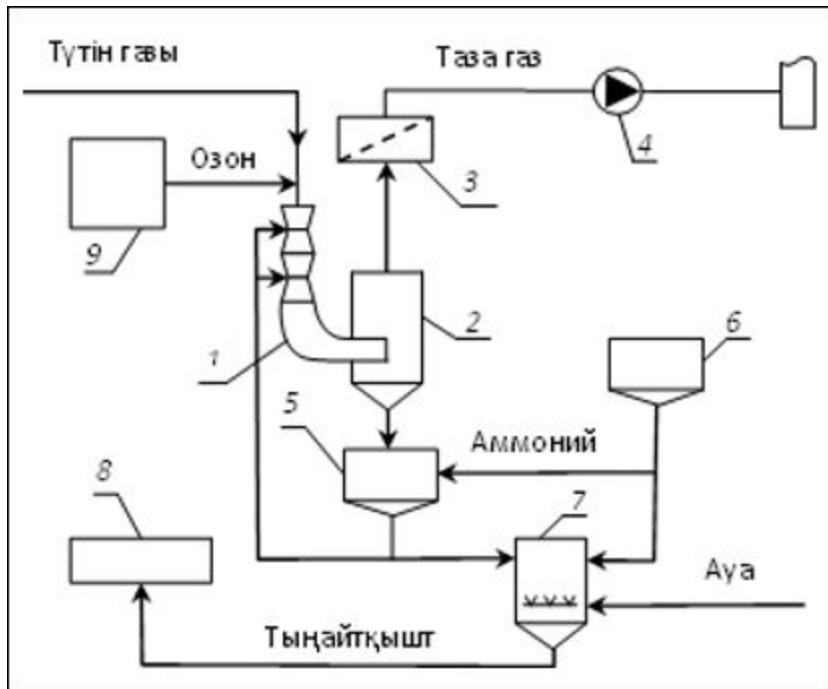
Бұдан әрі түтін газдары екі сатылы жылдамдықты реакторға (Вентури абсорбері) түседі, онда суаратын сұйықтық пен озон екі арналы эжекциялық саптамалар арқылы беріледі. Суаратын сұйықтық ретінде аммиактың немесе құрамында сорбенттері бар басқа аммонийлердің (несепнәр және диаммоний фосфаты өндірісінің қалдықтары) сулы ерітіндісі пайдаланылады. Озондалған аммиак ерітіндісінде азот пен күкірттің төменгі оксидтері  $\text{N}_2\text{O}_5$  және  $\text{SO}_3$  жоғары оксидтеріне дейін тотығады. Сумен байланысқан кезде азот және күкірт қышқылдарының қоспасы пайда болады, ол айналым ыдысына аммиак суын енгізу арқылы бейтараптандырылады. Осылайша азот пен күкірт оксидтері сіңеді.

$\text{O}_3$  / $\text{NO}$  стехиометриялық қатынасының артуы түтін газын  $\text{NO}_x$  және  $\text{SO}_2$ -ден тазарту деңгейінің тікелей пропорционалды өсуіне әкеледі (4.34-сурет).



4.34-сурет.  $\text{NH}_3$  және  $\text{O}_3$  сәйкесінше стехиометриялық арақатынасының үлесіне  $\text{SO}_2$  және  $\text{NO}_x$  тұтып қалу дәрежесінің тәуелділігі

Түтін газын күкірт оксиді мен азоттан озон-аммоний әдісімен бір уақытта тазартудың негізгі технологиялық схемасы 4.35-суретте көрсетілген.



1-скруббер; 2-тамшылатқыш; 3-жылытқыш; 4-түтін сорғыш; 5-айналма сыйымдылығы; 6-аммоний ерітіндісінің сыйымдылығы; 7-реактор; 8-тыңайтқыштарды дайындау торабы; 9-озонатор

4.35-сурет. Түтін газдарын күкірт және азот оксидтерінен бір мезгілде тазарту қондырғысының негізгі технологиялық схемасы

Күл тазартудан кейін қазандықтың түтін газдары озондалған ауамен араласады (озон генерациясы озонаторда 9-да жүзеге асырылады ) және екі қатар орнатылған Вентури коагуляторынан тұратын абсорбер 1-ге жіберіледі. Вентури құбырларының конфуздорларында орналасқан екі ағынды форсункалардың көмегімен сіңіргіш ерітінді абсорберге енгізіледі.

Газдарды сіңіру ерітіндісімен суару кезінде газ және сұйық фазаларда күрделі физика-химиялық процестер жүреді, нәтижесінде түтін газдары күкірт пен азот оксидтерінен абсорберде тазартылады. Тазартылған газдар орталықтан тепкіш тамшылатқыштағы 2 және түтін сорғыштағы 4 тамшы ылғалдан босатылады, жылытқышта қыздырылғаннан кейін 3 түтін құбыры арқылы қоршаған ортаға шығарылады. 2 тамшы сіңіргіш ерітіндімен немесе техникалық сумен суарылады.

Пайдаланылған сіңіру ерітіндісі өздігінен ағатын 5 айналым ыдысына түседі, онда оны 6 ыдыстан берілетін аммиакты сумен бейтараптандыру жүзеге асырылады .

Бейтараптандырылған сіңіргіш ерітінді циркуляциялық сорғымен абсорбер мен тамшылатқыштың саңылауларына түтін газдарын тазарту циклын жаба отырып беріледі. Ерітіндінің жоғалуын өтеу үшін 5-ыдысқа техникалық су беріледі.

Сіңіру ерітіндісінде сульфит пен бисульфиттің белгілі бір концентрациясына жеткен кезде оның бір бөлігі айналым тізбегінен тотықтырғыш реакторға 7 шығарылады,

мұнда сульфиттер мен бисульфиттер  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  аммоний селитрасының және  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  аммоний сульфатының қоспасынан тұратын сұйық тыңайтқыштарды қалыптастыру үшін атмосфералық ауамен сульфаттарға тотығады. Әрі қарай тыңайтқыштар кептіріліп, торапта 8 сақталады. Дайын тыңайтқыштар тұтынушыларға жеткізіледі.

Осыған ұқсас схема Молдавия МАЭС-інде өнімділігі 10 мың  $\text{м}^3/\text{сағ}$  болатын тәжірибелік-өнеркәсіптік қондырғыда енгізілді және сыналды [37].

Дымқыл озон-аммоний әдістері технологиясының негізгі артықшылықтары:

бір жабдықтағы газдарды  $\text{SO}_2$  және  $\text{NO}_x$ -тен бір мезгілде тазарту, бұл басқа дымқыл технологиялармен салыстырғанда газ тазарту алаңдары мен күрделі шығындарды айтарлықтай азайтады;

газдарды тазартудың жоғары дәрежесіне қол жеткізу (күкірт оксидтерінен - 90 %-ға дейін, азот оксидтерінен-75 %-ға дейін);

құрамында макро-және микроэлементтердің белгілі бір мөлшері бар тиімді кешенді аммоний тыңайтқышы түрінде тауарлық өнімді алу;

сарқынды сулардың болмауы.

Озон-аммоний әдістері технологиясының кемшіліктері:

ауаны дайындауға және озон өндіруге жұмсалатын электр энергиясының көп шығыны: тиісінше өз мұқтаждықтарына жұмсалатын жалпы энергия шығынының шамамен 45 және 50 %-ы. Әдістің энергия сыйымдылығы энергия блогының баламалы қуатының  $6,0 \div 6,5$  % бағаланады (тыңайтқыштарды кептіруге және буландыруға жұмсалатын энергия шығындарын ескере отырып);

аммиак ағуы түріндегі қайталама шығарындылардың пайда болу мүмкіндігі;

абсорбер алдында газдарды  $75 \div 80$  ыС дейін салқындату және оларды түтін құбырына тастамас бұрын тазалағаннан кейін қыздыру қажеттілігі.

#### **4.1.4.2. Ылғалды аммоний-карбамид әдістері**

Азот және күкірт оксидтерінің түзілуін басу.

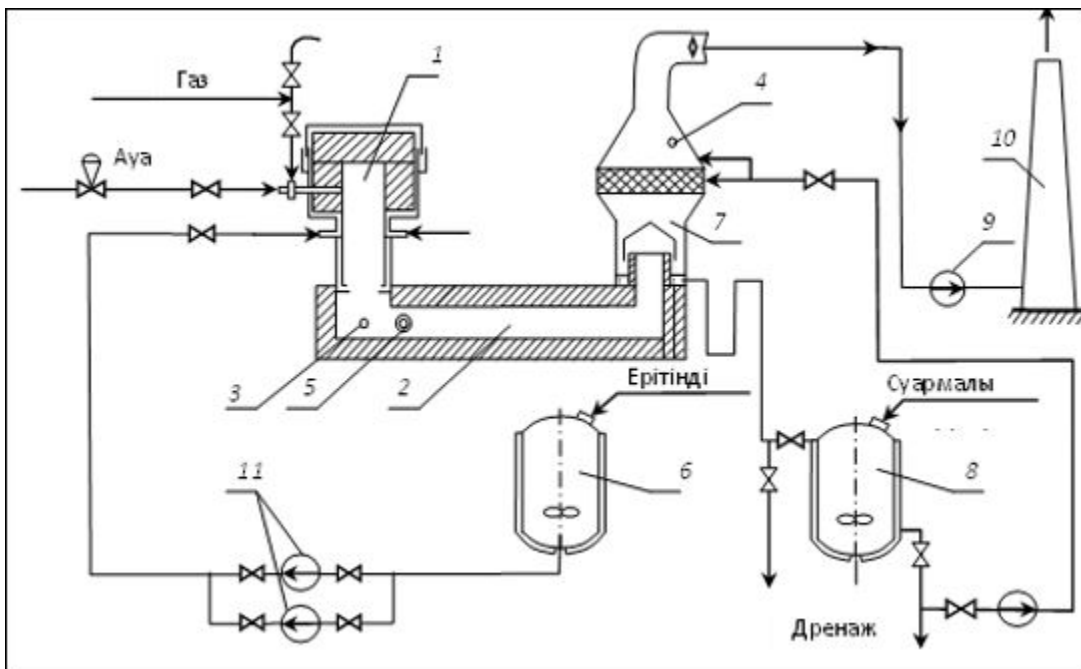
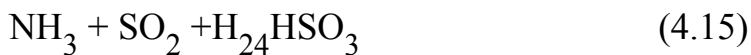
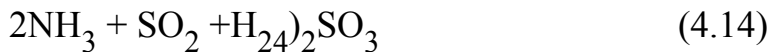
Осы әдістерді жүзеге асыратын технологиялар күкірт диоксидінің құрамында амин бар реагентпен өзара әрекеттесуіне негізделген.  $\text{SO}_2$  бейтараптандыру үшін карбамидтің термиялық ыдырау өнімдері қолданылады, олардың  $\text{SO}_x$ -пен байланысы нәтижесінде аммонийдің сульфит-бисульфит тұздарының ерітіндісін қалыптастыру үшін  $\text{SO}_2$ -нің толық байланыстырылуы қамтамасыз етіледі.

ЖЭС түтін газын күкірт диоксидінен аммоний-карбамид әдісімен тазартудың технологиялық схемасы 4.36-суретте көрсетілген.

4.36-суреттегі технологиялық схеманың сол бөлігі (1, 3, 6, 11 позициялары) берілген  $\text{SO}_2$  мазмұны бар жоғары температуралы түтін газдарын дайындау схемасын білдіреді

және түтін газын күкірттен тазарту технологиясына ешқандай қатысы жоқ, сондықтан ол мұнда қарастырылмайды.

Күкірттен тазарту процесі төмендегідей жүргізіледі. Түтін газдарының температурасы 600÷800 ыС құрайтын 2 газ жолына 5 форсунканың көмегімен карбамидтің 10 % су ерітіндісі енгізіледі. Ерітіндінің үлестік шығыны түтін газдарының шығынына және олардағы SO<sub>2</sub> құрамына байланысты анықталады. Орташа алғанда, несепнәр шығыны 1 м<sup>3</sup> жану өнімдеріне шамамен 0,008 КГ құрайды (қалыпты жағдайда), SO<sub>2</sub> орташа мөлшері шамамен 0,02 г/м<sup>3</sup> құрайды. Ерітінді газ ағынына қарама-қарсы беріледі. Ерітінді тамшыларының диаметрі 230÷300 мкм құрайды. Газ құбырында 2 салқындағаннан кейін 180÷200 нС температурадағы жану өнімдері 7 саптама скрубберіне түседі. Қондырғы жұмысының бастапқы кезеңінде скруббер 8 ыдыстан сумен суарылады. Бұл жағдайда газдардың температурасы 70÷90 ыС дейін төмендейді, онда скрубберде күкірт оксидтерін бейтараптандыру және аммоний тұздарын еріту процестері жүреді:



1-циклон реакторы; 2-газ жолы; 3, 4-сынама алу нүктелері; 5-форсунка; 6-аммоний сульфатының ерітіндісі бар ыдыс; 7 - саптама скруббері; 8-суару ерітіндісі бар сүйек; 9 - түтін сорғыш; 10 - түтін құбыры; 11 - сорғылар

4.36-сурет. ЖЭС түтін газдарын күкірт диоксидінен аммоний-карбамид әдісімен тазартуға арналған қондырғының технологиялық схемасы

Скрубберден кейін температурасы 60÷80 ыС ерітінді 8 контейнерге беріледі, содан кейін 11 сорғы циклге оралады. Ерітіндінің қанықтылығы оның суармалы сұйықтық ретінде бірнеше рет айналуына байланысты болады. Тұздардың мөлшері өскен сайын



сіңіру тиімділігі артады. 70÷90 ыС температурада тазартылған түтін газдары түтін сорғышпен 9 түтін құбырына шығарылады 10.

Түтін газдарын  $SO_2$  ен тазарту деңгейі 90÷95 %,  $NO_x$  -20÷30 % құрайды. Тазартылған газдардағы аммиак мөлшері 8÷16 мг/м<sup>3</sup> мөлшерінде қалады.

ЖЭС түтін газын тазартудың аммоний-карбамидті әдістері технологиясының артықшылықтары:

$SO_2$ -ден түтін газын тазартудың жоғары дәрежесі және  $NO_x$ -тен ішінара тазарту;

скруббер алдында газдарды алдын ала салқындату және түтін құбыры алдында кейіннен қыздыру қажеттілігінің болмауы;

технологиялық схеманың салыстырмалы қарапайымдылығы.

Бұл технологиялардың кемшіліктері:

оларды кеңінен қолдану үшін технологиялардың жеткіліксіз пысықталуы;

қоршаған ортаның қайталама ластағыштармен ластануы (аммиак, дренаждар).

#### **4.1.4.3. Түтін газдарын күкірт және азот оксидтерінен бір мезгілде тазартудың электронды-сәулелік (радиациялық-химиялық) әдісі**

Азот және күкірт оксидтерінің түзілуін басу.

Электрондармен сәулелену кезінде газдарда пайда болатын  $SO_2$  қатысуымен физика-химиялық процестерәлі жеткілікті зерттелген жоқ. Реакциялардың үш тобы  $SO_2$  жоюға әкеледі деп саналады:

- 1) иондаушы сәулеленумен индукцияланған газ фазалық;
- 2) иондаушы сәулемен индукцияланған гетерогенді;
- 3)  $SO_2$  аммиакпен  $NH_3$  өзара әрекеттесуіне байланысты термиялық.

Реакциялардың бірінші тобын (газофаза) күкірт қышқылы буларының пайда болуына әкелетін реакциялар тізбегі ұсынуы мүмкін:

;

(4.16)

.

(4.17)

Реакциялар жоғары жылдамдықпен жүреді.

$SO_2$ -ден газдарды электронды сәулемен тазартуда аммоний тұзында  $SO_2$  және  $NH_3$  химиялық байланыстыру реакциялары жүретін аэрозоль бөлшектерін қалыптастырудың гетерогенді процесі шешуші рөл атқарады. Бұл процесс газдарды сәулелендіру арқылы басталады, нәтижесінде  $HSO_3$  және  $HSO_5$  радикалдары пайда болады, олар кейіннен  $SO_2$  және  $NH_3$ -пен гетерогенді реакциялар тізбегінкүру арқылы кластерленеді.

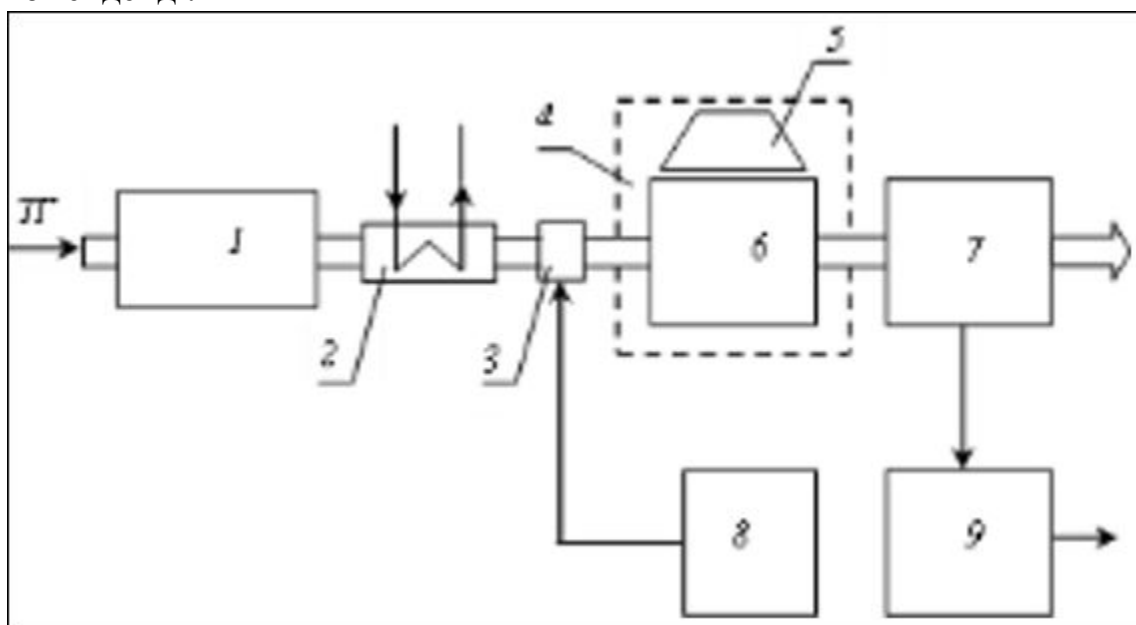
Газдарды тазарту процесі реакторда 80÷100 аС температурада жүзеге асырылады, түтін газдарын  $SO_2$  және  $NO_x$ -тен электронды-сәулелі тазарту құрғақ және ылғалды

технологиялар бойынша да жүзеге асырылуы мүмкін. Энергетикалық институтта (Ресей) әзірленген, түтін газын тазартудың құрғақ нұсқасын жүзеге асыратын технология бойынша жұмыс істейтін қондырғының негізгі технологиялық схемасы 4.37-суретте көрсетілген.

1 электр сүзгісіндегі күлді тазалағаннан кейін түтін газдары салқындатылып, 2 жылу алмастырғышта конденсацияланады, содан кейін 3 араластырғышпен аммиакпен араластырылады. Әрі қарай, 6 реакторында газдар 5 үдеткіші шығаратын жылдам электрондар ағынымен сәулеленеді. Газдарда пайда болған аммонийдің қатты тұздары 7 сүзгіде бөлінеді, содан кейін түтін газдары атмосфераға, ал аммоний тұздары 9 грануляторға және одан әрі тұтынушыға шығарылады. Газ қондырғысының өнімділігі 10 мың м<sup>3</sup>.

Реактордағы газдардың температурасы  $70 \div 100$  °С; аммиак шығыны  $10 \div 22$  кг/сағ; газдарды SO<sub>2</sub>-ден тазарту дәрежесі

Күкірт диоксидінің тұтылу дәрежесі сәулелену қарқындылығына байланысты емес. SO<sub>2</sub>-нің айтарлықтай мөлшері SO<sub>2</sub>-нің аммиакпен реакциясының арқасында сәулелену болмаған кезде де ұсталады. Алайда, газдардың температурасы сәулеленусіз 65 °С-тан 88 °С-қа дейін көтерілгенде, ұстау дәрежесі SO<sub>2</sub> шамамен 60-тан 10 %-ға дейін төмендейді.



ТГ-түтін газдары; 1 - электрсүзгі; 2 - жылу алмастырғыш; 3 - араластырғыш; 4 - радиациялық қорғаныс; 5 - электронды үдеткіш; 6 - реактор; 7 - сүзгі; 8-аммиакты сақтау, дайындау және беру қондырғысы; 9-аммоний сульфаты мен нитраты қоспасының грануляторы

4.37-сурет. ЖЭС түтін газдарын күкірт және азот оксидтерінен электронды-сәулелі тазарту қондырғысының негізгі технологиялық схемасы

#### 4.5-кесте. Күкірт және азот оксидтерінің эмиссиясын бір уақытта төмендету техникаларын салыстыру

Р/с №	Азот және күкірт оксидтерінің эмиссиясын төмендету техникасы	Төмендеу дәрежесі,%
1	2	3
1	Блғалды озон-аммоний әдістері	Күкірт оксидтері - 90 дейін Азот оксидтері - 75-ке дейін
2	Блғалды аммоний-карбамид әдістері.	Күкірт оксидтері - 90-95 Азот оксидтері - 20-30
3	Түтін газдарын күкірт және азот оксидтерінен бір мезгілде тазартудың электронды-сәулелік (радиациялық химиялық) әдісі	Күкірт оксидтері - 80-90 Азот оксидтері - 70-80

#### 4.1.5. СО шығарындыларын және жанбаған көмірсутектерді азайту техникалары

Жанбаған газдардың шығарындыларын екі негізгі топқа бөлуге болады: көміртегі оксиді (СО) және көмірсутектер ( $C_xH_y$ ). Көміртегі оксиді (СО) барлық жағдайларда жану процесінің аралық өнімі болып табылады. Жанбаған газдардың шығарындылары толық жанбаудың салдары болып табылады және жану температурасының тым төмен, жану аймағында болу мерзімінің тым қысқа болуына немесе отын мен ауаны тиімсіз араластырылуына байланысты болуы мүмкін, бұл жергілікті оттегі жетіспейтін аймақтардың пайда болуына әкеледі. Жанбаған газдардың шығарындылары жану технологиясын жақсарту арқылы азайтылуы мүмкін.

Көміртегі оксиді - толық жанбаудың маңызды өнімі. Бұл тұрақты қосылыс оттегі болмаса да, жоғары температурада сақтала береді. Көмірсутектер, керісінше, оттегі жетіспейтін ортада жоғары температурада оңай ыдырап, күйе түзе алады. Жанбаған көмірсутектердің шығарындылары жану аймағындағы температураның төмен болуына және отын мен ауаның жеткіліксіз араласуына байланысты пайда болуы мүмкін. Алайда, мұндай үйлесім қазіргі заманғы жану қондырғыларында сирек кездеседі.

Егер жағу жақсы бақыланса, онда СО шығарындыларын  $50 \text{ мг/Нм}^3$  деңгейінде ұстауға болады. Энергия қондырғыларының қазіргі қазандықтарындағы көмірсутектердің шығарындылары шамалы және әдетте  $5 \text{ мг/Нм}^3$ -тен төмен.

Толық жанбаған өнімдердің шығарындыларына бірнеше параметрлер әсер етеді. Әдетте, жанбаған газдардың шығарылуы отын/ауа қатынасын басқаруда қиындықтар туындаған кезде немесе отын көлемі гетерогенді болған кезде (қалдықтар немесе биомассалар сияқты) ең үлкен көлемді құрайды. Химиялық белсенділігі төмен және құрамында ұшпа заттары бар көмір (антрациттер, нашар көмір) жанбайтын газдар шығарындыларының көбеюіне әкеледі. Шығарындылардың көп мөлшерде болуына отынның нашар сұрыптары пайдаланылатын, оттығы бұзылған немесе толық толтырылмаған жағудың төмен температурасы әсер етеді.

$NO_x$  шығарындыларын азайтудың кейбір шаралары, мысалы, ауаның жетіспеуі немесе артық болуы, жанбайтын газдар шығарындыларының көбеюіне әкелуі мүмкін. Мұндай

жағдайларда жағу жүйесінде ауа мен отынның тиімді қоспасын қамтамасыз етудің маңыздылығын ерекше атап өткен жөн.  $\text{NO}_x$  шығарындыларын СКЕК технологиясы арқылы азайту СО-ның көп мөлшердегі шығарындыларына әкелуі мүмкін. Қазандықтың сұйытылған қабатына әктас қосылған кезде СО шығарындылары төмендеуі мүмкін.

Көміртегі тотығының шығарындыларын азайтуға арналған ЕҚТ - пештің конструкциясына, жоғары тиімді жану процесін технологиялық бақылауға, техникалық қызмет көрсетуге және жөндеуді қолдануға байланысты толық жағу.

$\text{NO}_x$  қалпына келтірудің СЕО-ға теріс әсерінің салдарынан  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайтудың оңтайландырылған жүйесі де СО деңгейін төменгі деңгейде ұстап тұрады: тозаң тектес отынды жағу үшін 30-50 мг/Нм<sup>3</sup> және қайнаған қабатта жағу үшін 100 мг/Нм<sup>3</sup> төмен.

ЕҚТ ретінде  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайтудың бастапқы шаралары қарастырылатын қоңыр көмір жағатын қондырғыларда көміртегі тотығының деңгейі жоғары болуы мүмкін (100–200 мг/Нм<sup>3</sup>).

Қабырғаға үрлеу арқылы жағу схемасы дәстүрлі концентрлік күйдіруден ерекшеленеді, өйткені көлденең жағуды қамтамасыз ететін ауа негізгі жанарғылар арқылы ғана емес, сонымен қатар қосымша саңылаулар арқылы да беріледі. Бұл жағдайда қыздырғыштың концентрлік арналары арқылы екінші ауаның сатылы берілуіне және көлденең қадамдарға (екінші ауа ағындарының жану экрандарына бағытына байланысты) байланысты ауаның бастапқы алауға араласуы кешіктіріледі. Бұл қайталама ауа ағындары пеш экрандарын қожданудан қорғайды.

Бұл жағдайда қайталама ауаның бір бөлігі оттыққа негізгі ауа ағынының бағытынан және аэрокоспадан ауытқумен беріледі. Отынды жағу нәтижесінде ұшпа заттардың бөлінуі оттегі жетіспейтін ортада жүргізіледі, мұның өзі отындық  $\text{NO}_x$  түзілуін біршама төмендетеді. Бұл жағдайда толық жақпаудың артуы болмайды: жағу үшін қажетті ауа факелге кешірек, кокс қалдығы тұтанатын және жанатын сатыда араластырылады. Екінші реттік ауаның бір бөлігі пештің қабырғалары бойымен өтетін мұндай схема СО құрамының төмендеуін және жану камерасының экрандарына жақын оттегі концентрациясының жоғарылауын қамтамасыз етеді.

СО шығарындыларын азайтуға арналған ЕҚТ - жағу камерасының немесе от жағу камерасының сәтті конструкциясы, жану процестерін басқарудың тиімді мониторингі мен технологияларын қолдану, сондай-ақ жанармай жағу жүйесіне профилактикалық қызмет көрсету қажет болатын отынды толық жағу технологиясы. Жағу жағдайларын әзірлеп әрі қолдау жасап қана қоймай, сонымен қатар  $\text{NO}_x$  шығарындыларын төмендететін оңтайландырылған жүйені әзірлеу СО шығарындыларының деңгейін 100 мг/нм<sup>3</sup>-төмен ұстауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, СО шығарындыларын азайту үшін тотығу катализаторын пайдалану, егер шығарындылар көзі тығыз орналасқан қалалық жерде болса, ЕҚТ қолдану деп санауға болады.

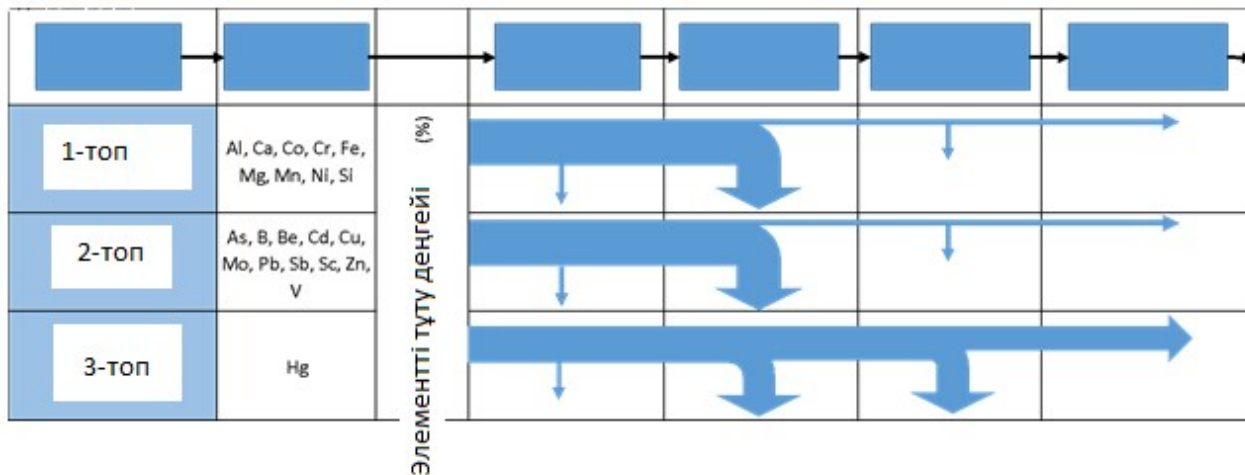
#### **4.1.6. Металл шығарындыларын болғызбау және/немесе азайту техникалары**

Көптеген қазба отынның құрамындағы металдар жану процесінде шығарылады және атмосфераға бөлшектер немесе бу түрінде шығарылуы мүмкін. ЖЭС-те көмірді жағу кезінде қоршаған ортаға шығарылуы мүмкін заттардың ішінде ең үлкен экологиялық қауіп төндіретін қосылыстар: сынап Hg, мышьяк As, селен Se, қорғасын Pb, кадмий Cd, мырыш Zn, сурьма Sb, висмут Bi, бериллий В, кобальт Со, хром Cr, мыс Cu, никель Ni, ванадий V, марганец Mn, молибден Mo. Салыстырмалы түрде аздаған мөлшерде адам ағзасына түсіп, адамның тіні мен бірқатар органдарында жинақталып, олардың жұмысын бұзуы, қатерлі ісік пен мутагендік әсерлер туғызуы, инфекцияларға төзімділікті төмендетуі мүмкін.

Бұл металдардың кейбіреулері өте улы, әсіресе жоғары концентрацияда.

Металдар қоршаған ортаға бірнеше ағынмен түседі, негізінен күл-қоқыс қалдықтарымен және түтін құбыры арқылы шығарылатын түтін газдарымен түседі. Энергия өндірісінде тұтынылатын отынның көп болуына байланысты қоршаған ортаға ықтимал қауіпті металдардың көп мөлшері шығарылуы мүмкін. Көптеген металдар қатты бөлшектермен байланысты. Ұшпа элементтер негізінен түтін газдарындағы ұсақ бөлшектерге, олардың сыртқы беткейінің көлемділігіне қарай конденсацияланады. Hg сынабы - өте улы металл, электр станцияларында көмір мен мазутты бірге жағу кезінде қалдықтардың кейбір фракцияларында пайда болады, сонымен қатар төмен сапалы көмірде пайда болады, негізінен газ түрінде шығарылады және газ тазарту жүйелерінде нашар тұтылады.

Көмірдің әртүрлі түрлері үшін ауыр металдардың массалық теңгерімі әртүрлі және көбінесе газ тазарту жабдықтарының түріне байланысты. Теңгерім құрылымдық схема түрінде көмірмен жұмыс істейтін ірі электр станцияларының әртүрлі типтері үшін ұсынылуы мүмкін (4.38-сурет).



4.38-сурет. Көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларындағы ауыр металдардың массалық теңгерімі

#### Ауыр металдар

Жану процесінде ауыр металдардың әрекеті күрделі химиялық және физикалық процестермен анықталады. Негізінен ауыр металдар жану процесінде буланады, содан кейін салқындату кезінде ұшпа күлдің қатты бөлшектерінде конденсацияланады. Көптеген металдарда түтін газын тазартудың қарапайым құрылғыларында болатын температурада бу қысымы өте төмен және оларды қатты бөлшектерге конденсациялауға болады. Сондықтан, ЕҚТ тас көмір немесе қоңыр көмірді жағатын энергия қондырғыларының түтін газдарымен ауыр металдардың шығарындыларын азайту үшін жоғары тиімді электр сүзгілерін ЭС (тиімділік деңгейі 99,5 %-дан жоғары) немесе қапшық сүзгілерін ҚС (тиімділік деңгейі 99,95 %-дан жоғары) қолдануы керек. Сынаптың бу қысымы тазалау құрылғыларында түтін газының қалыпты температурасында жоғары болады және оны шаңтұтушы қондырғы тұрақты түрде жоя алмайды. Сынаптың шығарындыларының төмен деңгейіне құрғақ және дымқыл әк/әктас скрубберлері арқылы қол жеткізіледі, олар үлкен отын жағатын қондырғылар үшін SO<sub>2</sub> төмендетуге арналған ЕҚТ ретінде қарастырылады.

Жақсы сапалы көмір құрамында сынаптың салыстырмалы түрде мөлшері аз және шығарындылардың ең төменгі деңгейіне әдетте ҚС және ЭС қолдану арқылы қол жеткізіледі, мұнда жоғары тиімді электр сүзгілері 130 iC-тан төмен температурада сынапты (битуминозды көмір) кетірудің жақсы сапасын қамтамасыз етеді. Дымқыл әкпен күкіртсіздендіру, құрғақ скрубберлер немесе құрғақ сорбентті енгізу сияқты түтін газдарын күкіртсіздендіру технологияларымен бірге жұмыс істейтін қапшық сүзгілер (ҚС) немесе электр сүзгілері (ЭС) туралы айтар болсақ, бұл жағдайда қосымша селективті каталитикалық қалпына келтіру кезінде сынап 75 % (ӘҚ-да 50 % және ДС қондырғысында 50 %) немесе 90 % жойылуы мүмкін. Жартылай битумды тас көмірді немесе қоңыр көмірді жаққан кезде түту тиімділігі анағұрлым төмен және 30-дан 70 % дейінгі диапазонда болады. Жартылай битумды көмірмен және қоңыр көмірмен жұмыс

істейтін қондырғылардағы сынапты тұтудың төмен деңгейі күлдегі көміртектің аздығына және түтін газдарындағы сынап газының салыстырмалы түрде жоғары мөлшеріне байланысты.

Сынаптың мерзімді мониторингін ЕҚТ-ға жатқызу керек. Ұсынылатын мониторинг жиілігі: жыл сайын немесе әрбір үшінші жылы, пайдаланылатын көмір түріне байланысты. Қатты бөлшектердегі сынапты ғана емес, сынаптың жалпы шығарындыларын бақылау қажет.

Ауыр металдардың шығарындылары

Ауыр металдардың шығарындылары олардың қазба отын түрлерінде табиғи компонент ретінде болуы нәтижесінде пайда болады. Есепке алынған ауыр металдардың көпшілігі қатты бөлшектермен бірге қосылыстар (мысалы, оксидтер, хлоридтер) түрінде шығарылады. Осыған байланысты, ауыр металдардың шығарындыларын азайтуға арналған ЕҚТ әдетте ЭС немесе ТФ сияқты жоғары тиімді шаң жинайтын құрылғыларды қолдану болып табылады. Бу фазасында ішінара сынап пен селен бар.

Қатты отындағы Hg мөлшерін азайтудың алғашқы шаралары

Отынды (негізінен көмірді) тазарту деп оны жағар алдында отыннан сынапты алып тастау мүмкіндігін айтады. Тазарту процестерінің қолданыстағы түрлері көмірдің пиритті күкіртке, тасқа, сазға немесе құрамындағы күл шығаратын басқа қоспаларға карағанда тығыздығы төмен деген қағидаға негізделген. Суды немесе ауаны импульсті жеткізуді қолданатын механикалық жабдық қоспаларды физикалық түрде шығарып, алып тастай алады. Сумен және ауамен араласқан орталықтан тепкіш күш көмірді қоспалардан одан әрі бөлуге мүмкіндік береді. Тағы бір әдіс - көмірді қоспалардан бөлу үшін әдетте магнетит (ұсақ ұнтақталған темір оксиді бөлшектері) бар ауыр сұйық ерітінділер қолданылатын тығыз ортада шаю. Ұсақ көмір кейде флотация арқылы тазартылады. Бұл технология басқалардан ерекшеленеді, өйткені ол ауырлық күшін ескермейді және химиялық бөлінуге көп көңіл бөледі.

Сынап шығарындыларын азайту үшін түтін газын өңдеу технологиялары

Көптеген металдардың бу қысымы ластануды бақылайтын жабдықтың қалыпты жұмыс температурасында төмен болады және олар бөлшектердің материалында конденсациялануы мүмкін. Керісінше, сынаптың бу қысымы бұл жағдайда жоғары болады, оны әдеттегі газ тазарту жабдықтарымен тұтып алудың ерекшелігі бар. Қазандықтардан шыққан сынап шығарындыларына әсер ететін маңызды факторлар қалдық газдардың көлемі мен температурасы, хлоридтердің мөлшері, сынап концентрациясы және шығарылған қосылыстардың химиялық формасы болып табылады. Қазандықтар шығаратын сынаптың химиялық қосылыстары қондырғыға байланысты айтарлықтай өзгереді. Жою тиімділігі ұсынылған сынап қосылыстарына байланысты.

Сынапты бақылаудың жетілдірілген факторлары төмен температура (150 аС төмен), сынаптың тиімді сорбенттерінің болуы және сорбентті жинау әдісін қолдану болып

табылады. Негізінен, ұшпа күлдегі көміртектің жоғары деңгейі бөлшектердің материалында сынаптың сіңуін жақсартады, оны кейіннен бөлшектерді бақылау жабдықтары алып тастайды. Сонымен қатар, шығатын газдар ағынында сутегі хлоридінің (HCl) болуы құрамында көміртегі бар бөлшектерге оңай сіңетін сынап хлоридінің пайда болуына әкелуі мүмкін. Керісінше, түтін газдарындағы күкірт оксиді (SO<sub>2</sub>) тотыққан сынапты элементтік сынапқа айналдыратын тотықтырғыш реагент ретінде әрекет ете алады, оны тұту әлдеқайда қиын.

Сынаптан басқа ластағыштарды (мысалы, қышқыл газдар мен бөлшектер) бақылау үшін әзірленген бақылау технологиялары сынапты жою мүмкіндігімен ерекшеленеді, бірақ негізінен 50 %-дан аспауы мүмкін (сынап хлориді үшін тиімділігі жоғары дымқыл скрубберлерден басқа).

Шығарындыларды тазарту жүйелеріндегі металл шығарындыларын азайту

Электрсүзгілер мен қапшық сүзгілер әдетте қатты немесе сұйық отынды жағу қондырғыларында шығатын газ ағынынан бөлшектерді шығару үшін қолданылады. Бұл жүйелердің жалпы тиімділігі 99,9 %-дан асады. Бөлшектердің мөлшері шағын болғанда, яғни бөлшектер металл элементтермен қанығатын мөлшердегі диапазонда жою тиімділігі негізінен төмен болады.

Матадан жасалған сүзгілердің тиімділігі ЭС бөлшектерді тұту тиімділігіне ұқсас, бірақ олар бөлшектердің ұсақ материалымен жақсы жұмыс істейді және шаң жүктемесі мен ұшпа күлдің сипаттамаларына сезгіштігі төмен. Сүзгілер алдында қоспалардың аз мөлшерімен шығатын газдарды кондиционерлеуді пайдалану арқылы тұту тиімділігін арттыруға болады.

Кейбір элементтер жану газдары конденсация үшін жеткілікті дәрежеде салқындағанша газ тәрізді фазада қалуы мүмкін. ТФ арқылы өту кезінде олар Hg конденсациясы үшін жеткілікті салқындатылады. Кейбір бағалаулар мата сүзгілерімен жабдықталған электр станциялары үшін Hg-ны шамамен 40 % жоюдың орташа тиімділігіне қол жеткізуге болатындығын айтады. Hg жоюдың тиімділігі отынның қасиеттеріне байланысты (мысалы, Cl құрамы).

ДС күкіртсіздендіру жүйелерімен металдардың шығарындыларын азайту

ДС жүйесінің дымқыл скрубберлері кейбір металдардың шығарындыларын азайтудың тиімді әдісі болып табылады. Бұл негізінен шығатын газдардың температурасы абсорбер арқылы өткен кезде шамамен 50 - 60 -С төмендейді, бұл ұшпа металдардың көпшілігіне бу фазасынан конденсациялануға және шығатын газдардан шығарылуға мүмкіндік береді. Содан кейін конденсацияланған металдар негізінен ағынды суларға өтеді.

Шығарылған газдардан шығару тиімділігі Hg үшін 30-50 % және Se үшін 60-75 % құрайды. Алайда, кейбір жүйелерде қолданылатын әк AS, Cd, Pb және Zn маңызды көзі бола алады, сондықтан бұл элементтердің концентрациясы олардың шығарылуын



арттыруы мүмкін. Скрубберден шығарындылар нақты процестер мен пайдалану жағдайларына байланысты.

96,6 %-ға тең Hg жоюдың орташа тиімділігіне, мысалы, натрий гипохлоритін қалдықтарды жағу жүйесінен түтін газдарына қосу арқылы қол жеткізілді. Натрий гипохлориті скруббер суымен тұтуды қамтамасыз ете отырып, түтін газдарындағы Hg тұрақтандырады. Содан кейін Hg қалпына келтіру, булану, конденсация және Hg бөлу процестерін қолдана отырып, сарқынды сулардан шығарылуы мүмкін.

Құрғақ сорбенттерді енгізудің әртүрлі жүйелеріндегі Hg жалпы жойылуы 35-85 % шегінде өзгереді. Құрғақ скрубберлердің алдында бөлшектерді жою жүйелерімен бірге қолданылатын бұл жүйелер осы элементтердің көп болуына байланысты металдардың жоғары сақталуын қамтамасыз етеді (ұшпа заттарды қоса), содан кейін ДС орнатпас бұрын жойылады. Жоюдың ең жоғары тиімділігіне, әсіресе ұсақ бөлшектер үшін, газ ағыны арқылы мата сүзгілері бар құрғақ скрубберлер жүйесі қол жеткізеді. Бұл жүйелер металдарды жоюдың ең жоғары деңгейіне жетуі мүмкін. Құрғақ скрубберлер алдында бөлшектерді жою жүйелерімен жабдықталған осы құрылғылардың ДС құрылғысының кіре берісінде Hg жою тиімділігі 70 дейін.

## **4.2. Суды тұтыну және суға шығарындыларды азайту әдістері**

### **4.2.1. Суды тұтыну және сарқынды сулардың сипаттамасы**

Энергия көздері суды өте көп мөлшерде тұтынады. Су электр станцияларының технологиялық циклінде бу өндіру, жылу желілеріндегі ысыраптардың орнын толтыру, негізгі және қосалқы жабдықтарды салқындату үшін пайдаланылады.

Жылу электр станциялары су ортасының табиғи теңгерімін бұза отырып, көп мөлшерде су алу (алу) кезінде су объектілеріне теріс әсер етеді.

Су тұтыну энергия көзінің түріне, турбиналардың бірлік қуатына және бу параметрлеріне, қолданылатын отынның түріне және орналасу ауданына, жылу энергиясын сыртқы тұтынушылар жұмысының ерекшелігіне және т. б. байланысты болады. Сумен жабдықтау көздері жер үсті су объектілері, жерасты сулары, сондай-ақ қалалық су құбыры болып табылады. Су тұтынуды азайту шаралары көбінесе су көзіне байланысты.

Турбиналардың бірлік қуатын және бу параметрлерін арттыру, қатты отынның орнына газды пайдалану электр энергиясын өндіруге арналған судың нақты көлемін азайтады.

Қуаты 1 млн кВт органикалық отынмен жұмыс істейтін КЭС үшін толық су тұтыну жылына шамамен  $0,9 \text{ км}^3$  суды құрайды. Статистика агенттігінің деректері бойынша елдің өнеркәсібінің тұщы суды тұтынуының жалпы көлеміндегі энергетиканың үлесі шамамен 5 %-ды ( $5,5 \text{ км}^3$ ) құрайды.

ЖЭО-да судың ірі тұтынушылары жылу желілері болып табылады.

#### 4.2.2. Сарқынды сулардың сипаттамасы

Жылу электр станциялары сарқынды сулардың көзі болып табылады. Жерүсті су қоймаларына энергия көздерінің жалпы су тұтынуының 84 %-ы бөлінеді, негізінен бұл шартты таза сулар (99,9 %).

Тұтынатын судың мынадай түрлері бар: өндірістік сарқынды сулар, ғимараттар мен аумақтардың бетіндегі жаңбырлы ағындар, тұрмыстық сарқынды сулар.

ЖЭС ластанған сарқынды сулары саны мен сапасы жағынан әртүрлі ағындардан тұрады. Олардың құрамына мыналар кіреді:

- 1) турбиналар конденсаторлары мен қосалқы жабдықтарды салқындату жүйелерінің қызған сулары;
- 2) су дайындау қондырғыларының (СДҚ) регенерациялық сулары;
- 3) мазутталған және майланған сулар;
- 4) шаятын және консервілеу сулары;
- 5) жанарғылардың сыртқы беттерін жуу суы;
- 6) ГЗҚ жүйелерінің сулары;
- 7) түтін газдарын тазарту жүйелерінен шыққан сарқынды сулар;
- 8) отын цехтарын және ЖЭС басқа үй-жайларын сумен шайғаннан кейінгі су;
- 9) жер бетіндегі нөсер және еріген қар сулары;
- 10) тұрмыстық сарқынды сулар.

Сарқынды сулардың құрамында пайдаланылған түріне қарай төмендегілер болады:

калқыма заттар;

мұнай өнімдері;

суда еритін заттар (органикалық, бейорганикалық).

Жобалық шешімдерге, ЖЭС-те сәйкес бастапқы суды пайдалануды шектеу мақсатында айналымды және қайта - дәйекті сумен жабдықтау жүйелері пайдаланылуы қажет, онда бір типтегі төгінді сулар тікелей немесе қандай да бір өндеуден кейін сол ЖЭС-тің (немесе сыртқы) басқа тұтынушылары үшін бастапқы болады.

Су қорғау іс-шараларының мақсаты су объектілерін қауіпсіз пайдалану және олардың жай-күйінің нашарлауын болғызбау болып табылады. Ол үшін ықтимал теріс әсерді болғызбау және/немесе азайту бойынша шаралар қабылдау, олардың тиімділігін, іске асыру мүмкіндігін бағалау, сондай-ақ су объектісінің экологиялық саулығын сақтаудың оңтайлы тәсілдерін қамтамасыз ету, оның ішінде ең үздік қолжетімді техникаларды енгізу қажет.

Су қорғау шараларының кешенінде екі негізгі бағытты бөліп көрсету керек:

1. Төгінділерді болғызбау (азайту) үшін жабдықтар мен технологиялардың қазіргі заманғы тиімділігі жоғары түрлерін (ең үздік қолжетімді технологиялар) қолдану.
2. Сарқынды суларды тазарту, қайта пайдалану және кәдеге жарату үшін жүйелерді, құрылыстар мен қондырғыларды қолдану.

Өндірістік сарқынды суларды тазарту әдісі мен технологиясын таңдау ЖЭС-тің нақты жағдайларына байланысты: орнатылған жабдықтың қуаты, салқындату жүйесі, жұмыс режимі, су дайындау технологиясы, отын түрі, күл-қожды шығару әдісі, жергілікті климаттық, гидрогеологиялық және тиісті техникалық-экономикалық есептеулермен басқа факторлар.

#### **4.2.2.1. ЖЭС салқындату жүйелерінің сарқынды сулары**

Сарқынды сулардың ең көп мөлшері жабдықты салқындату жүйелерінен алынады. Салқындатудың айналмалы жүйелері қолданылады: градирнялар, тоған-салқындатқыш. Қазақстанда энергия көздерінде айналымды салқындату жүйесі неғұрлым кең таралған; тікелей ағынды салқындату жүйесінің жеке ЖЭС-тері бар, оның ішінде: «ЕЭК» АҚ ЭС, Ертіс ө.), ӨК ЖЭО, Атырау ЖЭО, Жамбыл МАЭС (1 кезек).

##### **4.2.2.1.1. Тікелей ағынды салқындату жүйелерінің сарқынды сулары**

Тура ағынды салқындату жүйелерінен ағызылатын сулар «нормативтік таза» санатына жатады және су объектісіне ағызған кезде тазартылмайды.

Қазіргі уақытта турбиналардың конденсаторларында жылытылған судың бір бөлігін осы мақсаттар үшін қолданыстағы шугты болдырму жүйелерін немесе цирк су таратқыштардан жеткізу арналарына арнайы салынатын құбыржолдарды (арналарды) пайдалана отырып жеткізу арналарына бере отырып, аралас тура ағынды-айналым салқындату жүйелері қолданылады.

Жылу желісінің қоректік суын және бу қазандықтарының қосымша суын дайындау үшін жылытылған суды пайдалану кезінде тікелей ағынды салқындату жүйесімен де, салқындатқыш су қоймасымен де жылу электр станциясының су тұтынуын азайтуға болады.

Су дайындау қондырғысы (СДҚ) алдында су көзінен бастапқы суды жылыту қазандықтардың қосымша суын және жылу желісінің қоректендіру суын өңдеу процесінің ажырамас бөлігі болып табылады. Әдетте, су турбиналардың бірінен шығатын бумен шикі суды ысытқышта ысытылады.

Конденсаторда қыздырылған судың бір бөлігін СҚҚ-да алу су объектісінен су алуды азайтуға ғана емес, сонымен қатар жылуды пайдалану үшін пайдалы. Жылытылған суды жылдың суық мезгілінде ғана немесе конденсаторда қыздырылған суды су көзінен бастапқы суға араластыру арқылы суды дайындар алдында судың қажетті температурасын сақтау үшін пайдаланған жөн.

Табиғи судың белгілі бір мөлшерін өндірістік (немесе жылуландыру) іріктеу буымен қыздырудың орнына 10 °С конденсаторда қыздырылған суды 100 м<sup>3</sup>/сағ су дайындау қондырғысында пайдалану жылу тұтытуда өндірілетін қуатты 450 кВт-тан астам арттыруға мүмкіндік береді.

Жылу алмасу суларын қайта және аралас пайдалануды ЕҚТ ретінде қарастырған жөн. Жабдықты тура ағынды салқындатуды қолдану табиғи жағдайлар мүмкіндік беретін ең үздік қолжетімді технология болып табылады (жылдың барлық маусымдарында сумен жабдықтау көзінің дебеті жеткілікті).

#### **4.2.2.1.2. Айналмалы салқындату жүйелерінің сарқынды сулары**

Айналмалы салқындату жүйелерінде булану және тамшылау процесінде су сапасының нашарлауы байқалады (тұздардың шоғырлануы жүреді), бұл жылу энергетикалық жабдықтың техникалық-экономикалық көрсеткіштерін едәуір нашарлатады. Конденсатор түтіктерінде кальций карбонатының жоғарылау қаупі бар, нәтижесінде ЖЭС тиімділігінің айтарлықтай төмендеуі байқалады.

Коррозия мен қақтың пайда болуының алдын алу үшін қышқылдандыру, фосфаттау, қақтың пайда болуы мен коррозиясының игибиторларын пайдалана отырып, суды тұрақтандыра өңдеу жүргізіледі.

Айналмалы салқындату жүйелері бар ЖЭС-те (АСЖ) градирнялары бар жылу желісінің толықтырушы суын дайындау үшін АСЖ үрлеу суын пайдалану жеткілікті түрде кеңінен қолданылады, бірақ төмен концентрацияда ғана қолданылады (1,2-ден көп емес). Бұл шешім үрлеу арқылы судың өнімсіз жоғалуын азайтады және АСЖ-да судың алмасу дәрежесін арттырады. Сонымен қатар, бұл шешім жылу желісінің толықтырушы суын дайындау жүйесінде бөлінетін жылуды жоюға мүмкіндік береді. Төтенше жағдай болған жағдайда ЖЭС АСЖ табиғи резерв ретінде қызмет етеді, оның қажет болған жағдайда жылу желісіне қыздырылған судың үлкен көлемін беруге болады.

Жер үсті су объектісіне үрлеуі жоқ айналымдағы салқындату жүйесіне жер үсті сарқынды суларын, су жинаудан кейінгі сарқынды суларды, қалқыма заттар мен мұнай өнімдерінен алдын ала тазартылған сарқынды суларды, химиялық сумен тазалау сүзгілерінің жуу суларын, қазандықтарды сумен жуғаннан кейінгі суды, сондай-ақ су көзінен алынатын айналымдағы салқындату жүйесінің қосымша суына тұз құрамы бойынша жақын басқа да сарқынды суларды жіберу ұсынылады.

Кез келген салқындату жүйесі, тік ағынды, сол сияқты айналмалы жүйе барынша мүмкін болатын үнемділікке қол жеткізу шартымен және экологиялық талаптарға максималды мүмкін болатын сәйкестікке қол жеткізу шартымен ЕҚТ деп танылады.

Жылу шығарындыларының мөлшерін азайтудың маңызды шарасы салқындатқыш судың төмен потенциалды жылуын пайдалану болып табылады.

Конденсаторлардан кейінгі судың температурасы қыста 20-26 °С және жазда 35-42 °С аспайды. Мұндай суды төмендегідей пайдалануға болады:

жылуландыру мақсаттары үшін жылу сорғыларында;

балық өсіру үшін;  
жылыжайлар мен жылыжайларда суару үшін;  
мал шаруашылығы кешендерінде;  
өндіріс кезінде ашық топырақты жылыту үшін;  
ауыл шаруашылығы өнімдерін және қосымша;  
техникалық суды салқындату;  
өсімдік шаруашылығы және балық шаруашылығы қалдықтарын өңдеу үшін;  
саңырауқұлақ өндірісі және т.б.

#### **4.2.2.2. Су дайындау (СДҚ) және конденсат тазалау қондырғыларының (КТҚ) сарқынды сулары**

СДҚ жабдығын қосымша судың талап етілетін сапасын қамтамасыз ететін күйде ұстау үшін сарқынды сулардың түзілуімен байланысты мерзімді шаю, регенерациялау және т.б. қажет.

Суды өңдеу кезінде СДҚ-да екі негізгі типтегі сарқынды сулар пайда болады:  
суды коагуляциялау және әктеу кезінде алдын ала тазарту сатысында алынатын және құрамында қалқыма заттар бар сулар;  
суды жұмсарту және тұзсыздандыру процесінде пайда болатын жоғары минералдану сулары.

Экономикалық тұрғыдан алғанда, СҚҚ қондырғыларынан шығарылатын тұздардың мөлшерін азайтудың негізгі бағыты реагенттердің төмендетілген шығындарымен суды өңдеудің заманауи технологияларын қолдану болып табылады.

#### **4.2.2.3. Бу қазандықтары мен жылу желісінің қосымша суын дайындау технологиясы**

Қосымша суды дайындау процесі суды алдын ала тазартуды және тұзсыздандыруды қамтиды.

Суды алдын-ала тазарту лимиттелген және коагуляцияланған тазартқыштарда немесе тоқтатылған және коллоидты дисперсті фазада механикалық қоспаларды, оның ішінде органикалық қосылыстарды, темірді, кремнийді судан шығару үшін тек коагуляциямен жүзеге асырылады. Коагуляциядан кейін су коагуляцияланған (әктелген) бактерға жиналады және механикалық сүзгіден өтеді.

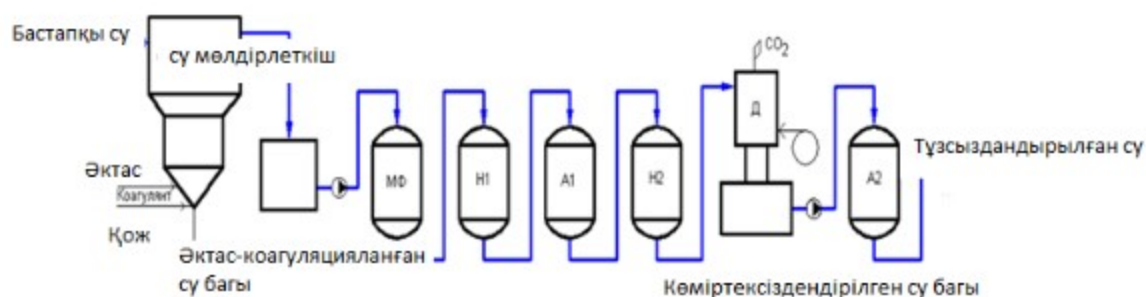
Тұндырғыштарды пайдалану немесе тікелей сүзгілерде коагуляция жүргізу арқылы алдын ала тазартулар бар (тура ағынды коагуляция).

Сарқынды суды пайдаланған кезде коагуляция жүргізілмейді және су тек механикалық сүзгіден өтеді.

Алдын ала тазалаудың негізгі жабдығының құрамына: ағартқыштар, коагуляцияланған суды жинау бактары, гидроантрациттен (әктеу кезінде) немесе кварц құмынан тиелген механикалық (ағартатын) сүзгілер кіреді. Реагенттер ретінде құрамында алюминий бар

коагулянттар (сульфат, алюминий оксохлориді), коагуляция технологиясы үшін оңтайлы рН құру үшін реагенттер қолданылады. Әкпен коагуляция кезінде темір сульфаты мен әк қолданылады.

Әрі қарай су химиялық тұзсыздандырудың бір немесе екі сатысынан өтеді (4.39-суретті қараңыз).



4.39-сурет. Суды химиялық тұзсыздандыру схемасы

Мұндай схема жоғары қысымды барабанды қазандықтары бар ЖЭС-те бу мен конденсаттың шығынын өтеу үшін су дайындау үшін «классикалық» болып саналады. Тікелей ағынды қазандықтары бар блоктарда СДҚ бөлек қабаттарда тұзсыздандырудың үшінші сатысымен немесе аралас әрекеттегі сүзгілермен (АӘС) толықтырылады.

Турбиналық конденсатты аса критикалық параметрлер блоктарында, сондай-ақ бөгде тұтынушылардан қайтарылатын ластанған конденсаттарды және станцияшілік конденсаттарды тазарту кезінде иондық алмасу да қолданылады. Әдетте, регенерациялық сулар СДҚ-дағы бейтараптандырғыш бактарға жіберіледі немесе барлық блоктық тұзсыздандыру қондырғылары (БТҚ) үшін бір бейтараптандыру қондырғысы салынады.

БТҚ-да конденсатты тұзсыздандыру үшін аралас әрекеттегі сүзгілер - шығарылатын регенерациясы бар АӘС немесе қатты қышқылды катиониттерде және қатты сілтілі аниониттерде бөлек бір сатылы тұзсыздандыру қолданылады.

БТҚ-ға және КО-ға ион алмасу сүзгілерінің алдында тазартылған су БТҚ-ға (немесе оларсыз) алдын ала қосылған электромагниттік сүзгілері бар ағартқыш сүзгілерде механикалық сүзу сатысынан өтеді. Конденсаттарды мұнай өнімдерінен тазарту үшін механикалық сүзу кезеңі белсенді көмірмен толтырылған сорбциялық сүзгілер арқылы сүзумен толықтырылады.

Химиялық тұзсыздандыруға қарағанда БТҚ мен КО-дан минералданған ағындардың саны аз.

Пайдаланылған регенерациялық ерітінділер мен ионитті сүзгілердің шаятын суларының құрамына бастапқы табиғи судағы кальций, магний, хлоридтердің, сульфаттардың, силикаттардың және басқа аниондардың натрий тұздары және суды тазартуда қолданылатын реагенттердің артық мөлшері-күкірт қышқылы, каустикалық натрий немесе ас тұзы кіреді. Параллельді иондау кезінде реагенттердің (қышқылдар мен сілтілер) артық мөлшері бастапқы судағы тұздың мөлшерінен кем дегенде 2,2 есе асады. Химиялық тұзсыздандырудың жеке қажеттіліктерінің су шығыны бастапқы судың сапасына байланысты 12 - 25 % құрайды.

Бірінші қазанды іске қосумен пайдалануға берілген көптеген ЖЭС-тердің СҚҚ ресурсы (30 жыл) сарқылған, физикалық тұрғыдан тозған және моральдық тұрғыдан ескірген, оларда қазіргі заманғы автоматтандыру іс жүзінде жоқ.

Қазіргі уақытта ион алмасу шайырлары мен реагенттер (қышқылдар мен сілтілер) құнының ұлғаюын ескере отырып, сүзгілерді қалпына келтіру үшін мембраналық немесе термиялық өңдеу әдістерін химиялық тұзсыздандырумен ұштастыру арқылы алынатын суды өңдеудің баламалы технологиялары қолданылады.

Мембраналық технологияларды және термотұтқыш қондырғыларды (буландырғыштарды) қолдану реагенттердің қосымша су алу шығындарын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді.

Соңғы уақытта суды алдын ала тазалау схемаларында кері осмос қондырғылары (КОҚ) алдында ультрасүзгілеу қондырғылары (УСҚ) қолданылады. Процесс механизмі олардың мөлшеріне байланысты бөлшектерді бөлу немесе «елеу» қағидатына негізделген, яғни мембрана тесіктерінің мөлшерінен үлкен барлық бөлшектерді селективті алып тастау жүреді, судың тұзды құрамы өзгеріссіз қалады. Мембрананың біркелкі, белгіленген көлемді тесіктері бар, бұл ретте өңделген судың сапасы бастапқы судың сапасына байланысты емес.

Егер алдын ала тазалау схемасында мөлдірлеткіш болмаса, онда қажет болған жағдайда коагулянтты мөлшерлеу УСҚ кіреберісінде жүргізіледі. УСҚ ластануына қарай автоматты түрде кері реагентсіз жуу режиміне ауыстырылады, шаятын сулар ЖЭС циклінде пайдаланылады. Сілті ( $\text{NaOH}$ ) және қышқыл ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) көмегімен химиялық қайта шаю мезгілді жүргізіледі.

Шаятын су химиялық күшейтілген шаюдан кейін бейтараптандырғыш бактерға жиналады.

Фильтрат кері осмос қондырғысына (КОҚ) беріледі, онда ағын пермеат пен концентратқа бөлінеді. 95-98 % бөлу процесінде пермеат тұздардан босатылады. Көлемі бастапқы су көлемінің 20-25 % құрайтын концентрат құрамында бастапқы судың шоғырланған тұздары ғана бар. КОҚ-ға берілетін бастапқы су көлемін қысқарту үшін концентрат әдетте КОҚ-ның екінші каткасында «сығылады», содан кейін пермеатты одан әрі тұзсыздандыру (оны ішінара деминерализацияланған су деп атайды

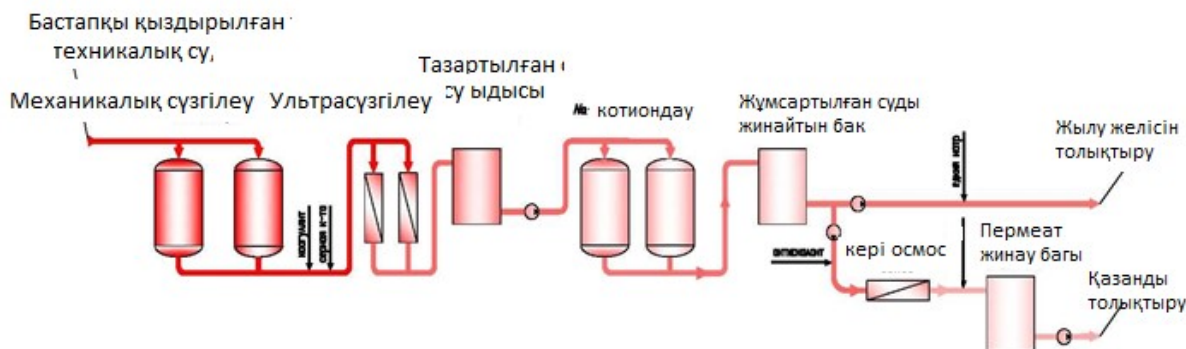
) кері осмостың екінші сатысында жүргізілуі мүмкін. Бұл ретте бірнеше мкСм/см деңгейінде үлестік электр өткізгіштігі бар пермеат алу қамтамасыз етіледі. КОҚ екінші сатысының концентраты, әдетте, бірінші сатының кіреберісіне беріледі. КОҚ-ның екінші кезеңі, әдетте, терең тұзсыздандыру жүзеге асырылатын электродеионизация қондырғысынан бұрын болады. Сондай-ақ, пермеатты ион алмастырғышқа дейін тұзсыздандыру жүргізілуі мүмкін. КОҚ химиялық шаю мерзімі 3-6 айда 1 рет жүргізіледі.

Экономикалық тиімділік және сенімділік дәрежесі жоғары аралас мембраналық-ион алмасу технологиялары қолданыстағы СҚҚ-ны қайта құру кезінде оңтайлы әдіс болып табылады, онда ион алмасу сүзгілері, қышқыл-негіз реагенттік шаруашылығы және сарқынды суларды жинау және бейтараптандыру жүйелері бар. Ультрасүзгілеу және кері осмос қондырғыларын химиялық тазартудан шыққан сарқынды сулар су объектісіне төккен кезде рН (6,5÷8,5) шамасына дейін бейтараптандырылуы тиіс. Бұл жағдайда жоғары минералданған сарқынды сулардың мөлшері мен реагенттердің шығыны таза ион алмасу схемасына қарағанда бірнеше есе аз.

Жылу желісі мен қазандықтарды КОҚ қолдана отырып толықтыруға су дайындау 4.40-суретте көрсетілген.

КОҚ Қазақстанның көптеген ЖЭО жұмыс істейді.

Ультрасүзгілеу қондырғыларын (УСҚ) қолдану SDI у2 (Silt Density Index тұнба тығыздығының индексі) шамасына қол жеткізуге мүмкіндік береді, ол бойынша КОҚ алдындағы судың сапасы нормаланады. Қажетті мәні SDI і3. Мөлдірлеткіш пен механикалық сүзгілерден кейінгі су мұндай көрсеткіш көрсетпейді, мұның өзі КОҚ қымбат тұратын мембраналық элементтерінің қызмет ету мерзімін азайтады.



4.40-сурет. КОҚ қолдана отырып, жылу желісі мен қазандықтарды толықтыруға су дайындау

Соңғы уақытта бірқатар ЖЭС-те «өзгермелі» жүктемесі бар қысымды сүзгілердегі суды коагуляциялау және ағарту қондырғылары сәтті пайдаланылуда.

Бұл технологияның ерекшелігі қысымды сүзгідегі жетілдірілген төменгі және жоғарғы дренаж және тарату құрылғылары, сондай-ақ, механикалық беріктігі жоғары және, тиісінше, ұзақ қызмет ететін (кемінде 20 жыл) түйіршіктелген өзгермелі инертті



материалды (түйіршік құрамы 3-5 мм, түйіршіктердің тығыздығы 0,8-0,9 г/см<sup>3</sup>) сүзгі жүктемесі ретінде пайдалану болып табылады.

Жұмыс кезінде коагулянт пен флокулянт бастапқы суға алдын ала мөлшерленеді. Сүзгідегі суды сүзу сығылған инертті материалдың қабаты арқылы жоғары ағынмен жүзеге асырылады, онда пайда болған коагулянт қабыршақтары мен ластағыш заттар « жабысады». Бұл ретте сүзу жылдамдығы 10-15 м/сағ (үдемелі режимде 20 м/сағ дейін) құрайды.

Инертті материалды мезгіл-мезгіл босатып жуу алдымен сығылған ауамен жүргізіледі, бұл оның 100 % тазартылуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді (дәндердің үйкелу әсері және оларға жабысқан ластанулардан тазарту), содан кейін төмен ағынмен су шаю және ауыр ластануларды жою, бұл сарқынды сулардың көлемін СКҚ қондырғысының өнімділігінен 3-6 %-ға дейін қысқартуға мүмкіндік береді.

Инертті өзгермелі материал ретінде беріктігі жоғары полимерден жасалған дәндер пайдаланылатынын ескере отырып, су-ауамен жуу кезінде құм мен гидроантрацитке карағанда оның механикалық қажалуы болмайды.

Суды динамикалық мөлдірлету технологиясын қолдану саласы:

жер үсті суларын тазарту (ионитті сүзгілер және керіс осмос қондырғылары алдында); өнеркәсіптік-нөсерлі сарқынды суларды тазарту (мұнай өнімдерінің ең көп мөлшері - 4 мг/дм<sup>3</sup>).

Соңғы онжылдықтарда дәл иондық алмасуға балама ретінде т өмен ағынды иондау технологиялары кеңінен енгізілуде. Жүктеме ретінде отандық кәсіпорындар шығаратын нақты ион алмастырғыш шайырларды пайдалану қажеттілігімен байланысты белгілі бір қиындықтарды атап өткен жөн.

#### **4.2.2.4. Суды алдын ала тазарту қондырғыларының сарқынды сулары**

Сарқынды суларды өңдейтін мөлдірлеткіштің схемасына (үрлеу суы және сынама алу нүктелеріндегі су) осы сулардың тәуліктік мөлшерін қабылдауды қамтамасыз ететін бактар және шламның біркелкі шоғырлануын қамтамасыз ету және шөгінділердің пайда болуын болғызбау үшін рециркуляция сорғылары кіреді.

Күкіртқышқылды темірмен әктеу және коагуляция технологиясы бойынша жұмыс істейтін тұнба суларында әк шламы, магний гидроксиді, темір, кремний қышқылы, органикалық заттар бар және рН 10,0-ден асады. Бұл шлам вакуум сүзгілері мен сүзгі престерінде тұндыруға және сүзуге оңай. Сүзінді тазартқышқа қайтарылуы мүмкін, ал сығылған шламды көмуге немесе жоюға болады. Әдетте, ҚТҚ полигонында шламды көму кезінде ол қауіптіліктің төртінші сыныбына жатқызылады. Әктеуден шыққан құрғақ шламды пайдалану бойынша көптеген зерттеулер бар: топырақты залалсыздандыру үшін, әк ерітінділерін дайындау үшін, кірпіш, цемент және т. б. өндірісінде қоспалар ретінде.

Алюминий тұздарымен коагуляция кезінде мөлдірлеткіш шламның рН мөлшері төмен, алюминий гидроксиді, кремний қышқылы, темір қосылыстары, тоқтатылған заттардан тұрады, құрамында көп мөлшерде су бар (90 % - дан астам) және гель тәрізді консистенциясы бар. Бұл гель іс жүзінде тұнбаға берілмейді және сүзгі престерінің немесе вакуумдық сүзгілердің кез-келген түріне қолайлы көрсеткіштермен сүзілмейді. Сарқынды суларды өңдеу схемаларын жобалау кезінде алдын ала тазартқыштар 10 жыл бойы шламды қабылдауға есептелген шламжинағыштар көзделеді. Тазартылған суды шламжинағыштардан СҚҚ циклінде қайта пайдалануға қайтарады.

Механикалық сүзгілерді жуудан алынған су мөлдірлеткіштер болған кезде не бастапқы су желісіне (коагуляция кезінде), не мөлдірлеткіштің төменгі бөлігіне (әктеу кезінде) жіберіледі. Тұрақты ағынды қамтамасыз ету үшін бұл су механикалық сүзгілердің сарқынды суларына алдын-ала жиналады.

Тазарту қондырғысына мөлдірлеткіштің үрлегіш құбырлары (арматурасы бар) орнатқанға дейін ағартқыштардан шлам суларының құбырлары, үрлегіш суды жинау бактары, рециркуляция сорғылары, шлам жинақтағыштар, вакуум сүзгіштер немесе сүзгі-престер, сусыздандырылған шлам бункерлері, қондырғы ішіндегі құбырлар (арматурасы бар) кіреді.

#### **4.2.2.5. Химиялық тұзсыздандырудың, блоктық тұзсыздандыру қондырғыларының мен конденсатты тазалағыштардың сарқынды сулары**

Параллель ағынды ионитті алмасу технологиялары бойынша жұмыс істейтін қолданыстағы су дайындау қондырғыларынан шығатын тұзды ағынның құрамы мен көлемі төмендегілермен айқындалады:

су дайындау қондырғысының жобалық және нақты өнімділігі;

қабылданған технология;

СҚҚ-ға берілетін судың сапасы;

салалық нормативтік құжаттар мен негізгі жабдықтарды өндірушілердің қоректік, қосымша, қоректік судың сапасына қойылатын талаптары;

автоматтандыру деңгейі.

Пайдаланылған регенерациялық ерітінділер мен ионитті сүзгілердің шаятын суларының құрамына бастапқы табиғи судағы кальций, магний, хлоридтердің, сульфаттардың, силикаттардың және басқа аниондардың натрий тұздары және суды тазартуда қолданылатын реагенттердің артық мөлшері-күкірт қышқылы, каустикалық натрий немесе ас тұзы кіреді.

Химиялық тұзсыздандырылған сарқынды сулар су объектілеріне ағызылар алдында бейтараптандырылуға тиіс, ол үшін СҚҚ-да бейтараптандырғыш бактар және оларға бейтараптандырғыш реагент беру жүйесі, сондай-ақ сарқынды суларды араластыру жүйесі (гидравликалық және пневматикалық) көзделеді.

Кері осмос қондырғыларын қолдану, әдетте, ЖЭС минералданған ағындарының ластану деңгейін төмендетуге мүмкіндік береді.

#### **4.2.2.6. Мұнай өнімдерімен ластанған сарқынды сулар**

ЖЭС-те судың мұнай өнімдерімен ластануы: турбиналардың май жүйелерінен, генераторлардан және май мен мазуттың авариялық төгілуінің қоздырғыштарынан трансформаторлық және турбиналық майлардың ағуы, автокөлікті жуудан әртүрлі айналмалы механизмдердің (сорғылар, түтін сорғыштар, желдеткіштер, диірмендер және т.б.) мойынтіректерін салқындату жүйелерінен ағу есебінен мазут шаруашылығының жабдығын пайдалану және жөндеу процесінде жүреді.

Олардың құрамында май мен мазут болады. Олардың қуатты электр станцияларындағы шығыны мұнай өнімдерінің орташа мөлшері 50 мг/дм<sup>3</sup>-ке дейін болғанда 100-150 м<sup>3</sup>/сағ-қа дейін жетеді. Құрамында мұнай өнімдері бар су объектілеріне түсетін ағындар суда бөгде иістер мен дәмдердің пайда болуын, оның бетінде қабыршақтың немесе майлы дақтардың пайда болуын және су объектісінің түбінде ауыр мұнай өнімдерінің шөгінділерін тудырады. Мұнай өнімдерінің пленкасы газ алмасу процесін бұзады және жарық сәулелерінің суға енуіне жол бермейді, жағалаулар мен жағалаудағы өсімдіктерді ластайды. Түптік шөгінділер баяу ыдырайды және қайталама ластану көзіне айналады.

Суда мұнай өнімдерінің болуы суды ішуге жарамсыз етеді. Әсіресе балық шаруашылығына үлкен зиян келеді.

Құрамында майы бар ағындардың су объектілеріне құйылуын болғызбау үшін екі тізбекті май салқындатқыштар және басқа май толтырылған жабдықтың салқындату жүйелері қолданылады.

Турбиналардың май жүйелерін автономды айналмалы салқындатуды ауа-конденсациялық салқындату жүйелері үшін қолдануға болады.

Салқындату жүйелерінен майдың жылыстауын уақтылы анықтау үшін мұнай өнімдерінің құрамын автоматты тіркеу аспаптары орнатылады.

ЖЭО-да мұнайы бар сарқынды суларды тазартуға арналған қондырғылар салынуы керек.

Мұнай өнімдерімен ластанған сарқынды суларды бұру жүйесіне төмендегілерді жібереді:

сорғылардың тығыздамаларының ағуы; тығыздамалардың тығыздалу төгінділері; сорғылардың мойынтіректерін және басқа да айналатын механизмдерді салқындатудан ластанған төгінділер;

апатты майағарлар желісінен ағызылған сулар;

майдың, мазуттың, дизель отынының ашық қоймаларындағы жаңбыр және еріген қар сулары:

пайдалану процесінде ластанған аумақ учаскелерінен;  
мазутты қыздыру қондырғыларынан құрамында  $5 \text{ мг/дм}^3$  астам мазут бар конденсат;  
гидрожинағыштың сарқынды сулары;  
конденсатты тазарту сүзгілерінің шаятын сулары.

Мұнай өнімдерімен ластанған сарқынды суларды бұру жүйесі толығымен оқшауланған болуы және басқа да су бұру жүйелерімен және су объектісіне шығарылатын сулармен байланысы болмауы тиіс (ИТС 8-2015 ЕҚТ 2-7 сарқынды суларды жинау және бөлу жүйесін құру).

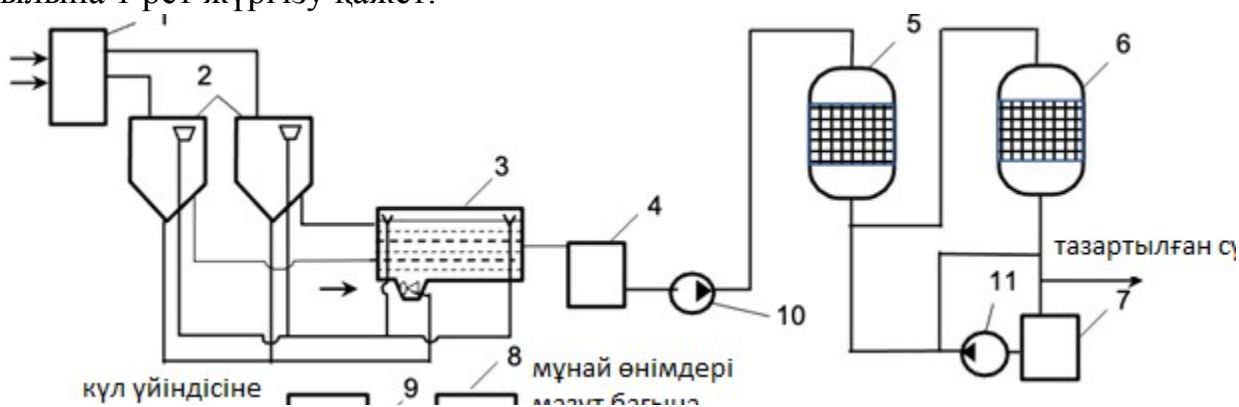
Тазартылған ағындардағы мұнай өнімдерінің  $0,1 \text{ мг/дм}^3$  кем қалдық құрамына және  $5 \text{ мг/дм}^3$  кем қалқыма заттарға қол жеткізу үшін сарқынды суларды мұнай өнімдері мен қалқыма заттардан тазарту мынадай технология бойынша жүргізілуі мүмкін ( 4.41-сурет):

күм тұтқыштардағы ірі дисперсті қоспалардан алдын ала тазарта отырып жинау және тұндыру;

мұнай ұстағыштарда және/немесе флотаторларда мұнай өнімдерінен бастапқы тазарту;  
түйіршікті жүктемесі бар сүзгілерде механикалық сүзу;

сіңіру сүзгілері арқылы сүзу.

Осындай тазалау дәрежесіне қол жеткізу үшін сүзгіш материалдарды ауыстыруды жылына 1 рет жүргізу қажет.



1 - тарату камерасы; 2-кабылдау резервуарлары; 3-мұнай ұстағыш; 4-аралық-дәл резервуар; 5-механикалық сүзгі; 6-сорбциялық (көмір) сүзгі; 7-тазартылған су резервуары; 8-ұсталған мұнай өнімдерінің резервуары; 9-тұнба резервуары; 10-тазартылған суды сүзгілерге беру сорғысы; 11-сүзгілерді босататын жуу сорғысы  
4.41-сурет. Мұнай өнімдерімен ластанған сарқынды суларды тазарту қондырғысының схемасы

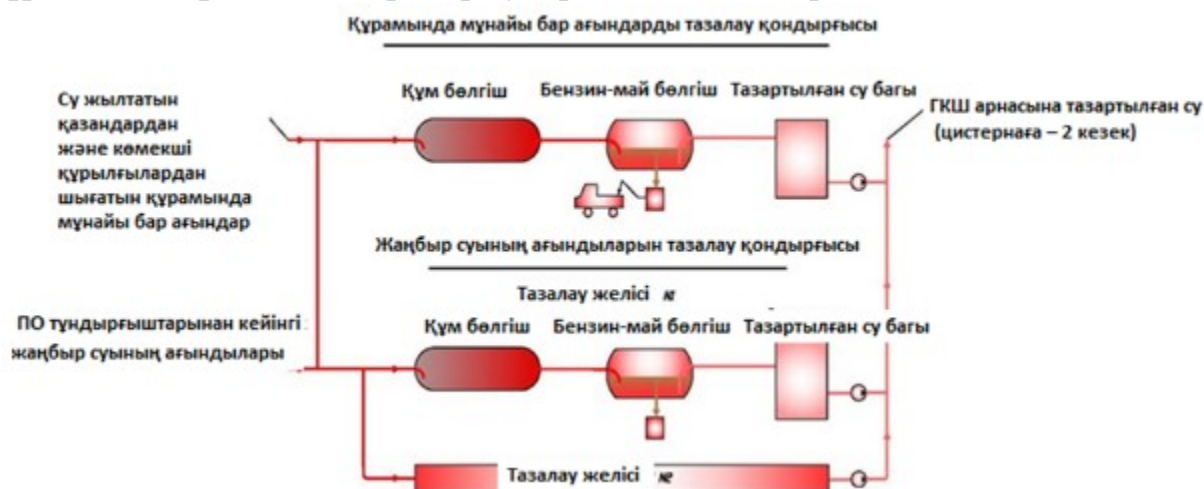
Өңделетін суда ауыр және эмульгацияланған мұнай өнімдері болған кезде қондырғы флотатормен толықтырылады, онда дисперсияланған ауаның көмегімен мұнай өнімдері бетіне көтеріліп, арнайы ұстап тұратын құрылғымен шығарылады.

Тазартылған сарқынды сулар станция ішінде пайдаланылған жағдайда, тазарту жүйелерінің құрамын ЖЭС таңдайды. Жабық жылу желісінің қоректік суын дайындау қондырғысына тазартылған ағындарды механикалық сүзгілерден кейін беруге болады (5). Na-катиондаудан кейін мұнай өнімдерінің құрамы жабық жылу желісінің қоректік суы үшін ТПЕ нормаларын қанағаттандыратын болады ( $1 \text{ мг/дм}^3$  артық емес). Мұнай ұстағыштан кейін құрамындағы мұнай өнімдері  $3 \text{ мг/дм}^3$  болатын тазартылған ағындарды өндірістік үй-жайларды сумен жинау үшін қайта пайдалануға немесе бастапқы суды ағартқышқа жіберуге болады.

Мұнай өнімдерінің негізгі мөлшері тұтылатын мұнай ұстағыштың және/немесе флотатордың технологиялық схемасының болуы ЕҚТ-ға жатқызылуы мүмкін.

Аумақтан беткі ағынды тазартумен бірге құрамында мұнайы бар ағындарды тазалауға болады (4.42-сурет).

Кейбір жағдайларда қазандықтың оттығында негізгі отынмен бірге жағу арқылы құрамында мұнай өнімдері бар суларды жоюдың термиялық әдісі қолданылады.



4.42-сурет. Аумақтан беткі ағынды тазартумен бірге құрамында мұнайы бар ағындарды тазарту қондырғысының схемасы

#### 4.2.2.7. Жабдықты химиялық тазартудан және консервациялаудан шыққан төгінді сулар

Жабдықтардың (негізінен қазандықтардың) ішкі беттерін шөгінділерден тазарту үшін әртүрлі химиялық ерітінділермен шаю қолданылады.

Алғаш рет пайдалануға берілген жабдықты - іске қосу алдындағы жуу және күрделі жөндеуден шығарылған жабдықты жуу міндетті болып табылады.

Пайдалану жуулары мезгіл-мезгіл жүзеге асырылады, сондықтан жуу және консервация сулары мерзімді сулар болып табылады. Іске қосу алдындағы (монтаждау аяқталғаннан кейін) және пайдалану химиялық жуудан және жабдықты консервациялаудан шыққан сарқынды сулар құрамында көп түрлі заттар бар «бірмезгілді» төгінділер болып табылады.

Жуу технологиясы және реагенттердің құрамы қыздырылатын беткейден алынған шөгінділердің құрамына және жабдықтың түріне байланысты.

Жабдықты химиялық тазалау кезінде мынадай технологиялық операциялар орындалады:

техникалық сумен шаю;

ішкі беттерді сілті немесе беттік-белсенді заттар ерітінділерімен майсыздандыру;

ерітіндіні кейіннен тұзсыздандырылған сумен ауыстыра отырып, техникалық сумен ығыстыру;

тиісті ерітіндімен химиялық тазарту;

тазартылған беттерді пассивациялау;

тұзсыздандырылған сумен пассивациялайтын ерітіндіні дренаждау немесе ығыстыру.

Химиялық тазарту нәтижесінде құрамында қолданылған реагенттер, сол сияқты қыздырылған беткейлерден алынған шөгінділер бар сарқынды сулар пайда болады: кальций, магний және натрий сульфаттары мен хлоридтері, улы қосылыстардың барлық түрлері (темір тұздары, мырыш, фтор бар қосылыстар, гидразин).

Сонымен қатар, сарқынды суларда тотығу үшін оттегі қажет органикалық заттар (нитриттер, сульфидтер, аммоний тұздары) бар.

Тазалау мақсатына және жуылатын немесе консервіленген жабдықтың материалына байланысты олардың құрамында қышқылдар, сілтілер, нитраттар, аммоний тұздары, темір тұздары, трилон-Б, гидразин, фтор, катапин, каптакс, уротропин, аммиак немесе натрий нитриті және т. б. бар. Осы сарқынды сулардағы улы заттар мен оттегін тұтынатын.

Органикалық заттар су қоймаларының санитарлық режиміне үлкен қауіп төндіреді.

Химиялық жуу және жабдықты консервациялаудан шыққан төгінді сулар кейіннен ГКШ жүйесіне, рұқсат беру құжаттары болған кезде орталықтандырылған су бұру жүйелеріне немесе су объектілеріне төгу арқылы бейтараптандырылуы және тұндырылуы тиіс.

Электр станцияларының экологиялық қауіпсіздігін арттыру үшін химиялық реагенттерді талап етпейтін су-химиялық режимдерді ұйымдастыру немесе оларды барынша азайту (тура ағынды қазандықтар үшін бейтарап су химиялық режимі) және негізгі жабдықты тазартудың химиялық әдістерін реагентсіз (жабдықты пароксиоторлы тазарту) етіп ауыстыру қажет.

#### **4.2.2.8. Қазандықтардың сыртқы қыздырылатын беттерін шаятын сулар**

Бұл сулар тек мазутты электр станцияларында ғана қолданылады. Мазутты жағу кезінде пайда болған күл бөлшектері өте жабсықақ болады және олар негізінен қазандықтарды жылытудың конвективті беттеріне және регенеративті ауа жылытқыштарына шөгеді, бұл қазандықтың газ трактінің кедергісінің жоғарылауына және шығатын газдардың температурасының жоғарылауына әкеледі.

Күлдің құрамына ванадий, никель, натрий, кальций, алюминий, темір және т.б. оксидтері мен қосылыстары кіреді.

РАЖ жуу қазанды пайдаланудың 15-20 тәулігінен кейін жүргізіледі. РАЖ және шынды су жылыту қазандықтарын жууға арналған су тұтыну көлемі бірқатар факторларға, соның ішінде жағылатын отынның түрі мен сапасына, қазандықтардың түрі мен жұмыс режиміне, жуу суларын тазарту схемасына байланысты және әрбір ЖЭС үшін жеке белгіленеді.

Қуатты ЖЭС-те бұл сулардың мөлшері РАЖ бір жууға  $800 \text{ м}^3$  және қазандық агрегатты жууға  $300 \text{ м}^3$  дейін жетеді. Регенеративті ауа жылытқыштардың (РАЖ) жуу сулары құрамында дәрекі қоспалар: темір оксидтері, кремний қышқылы, күйдірілмеген өнімдер, күлдің ерімейтін бөлігі, бос күкірт қышқылы, ауыр металл сульфаттары, ванадий, никель, Мыс қосылыстары және т.б. бар қышқыл ерітінділер болып табылады. Мұндай жуу суларының шамамен ластану деңгейі:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  бойынша бос қышқылдығы - 0,5 %; құрғақ қалдық - 3,5-4,5 %; темір - 7-8 г/дм<sup>3</sup>; ванадий - 0,3-0,8 г/дм<sup>3</sup>; никель-0,1-0,15 г/дм<sup>3</sup>; мыс - 0,02-0,05 г/дм<sup>3</sup>.

РАЖ және қазандық агрегаттарының қыздырылатын конвективті беттерінің (ҚКБ жуу сулары бейтараптандырылғаннан және тұндырылғаннан кейін РАЖ және КТС жуу үшін қайта пайдаланылады не рұқсат беру құжаттары болған кезде орталықтандырылған су бұру жүйелеріне немесе су объектілеріне жіберіледі.

#### **4.2.2.9. Қатты отынмен жұмыс істейтін электр станцияларының гидро күл-қож шығару (ГКШ) жүйелерінің сарқынды сулары**

Қазақстан Республикасының энергия көздерінде ең көп тарағаны жеңілдетілген суды ЖЭС-ке қайтара отырып, гидрокүл-қож шығарудың айналым жүйелері болды. Күл үйінділерінен тазартылған су тазартылған су сорғыларымен қайта пайдалануға қайтарылады.

Электр станциялары мен желілерін техникалық пайдалану ережесінің 4.10.14-тармағына сәйкес [59] күл-қожды шығарудың айналмалы (тұйық) гидравликалық жүйелерін пайдалану жылына орта есеппен су теңгерімін ұстап тұруды және техникалық мақсаттарда (қазандықтардың қыздыру беттерін, күлтұтқыш қондырғыларды, күл үй-жайларын су жинау, Багер сорғыларының мойынтіректерін тығыздау, шаң басу үшін күл үйінділерінің құрғақ участкілерін суару, бетон ерітінділерін дайындау және т. б.) тазартылған суды басым пайдалануды және пайда болған ағындарды гидрокүлді жою жүйесіне (ГКШ) бағыттауды көздейтін ағынсыз режимде ұйымдастырылуы тиіс.

Күл үйіндісі мен ағартылған су бассейнінің бетіне түсетін атмосфералық жауын-шашынды қоса алғанда, ГКШ жүйесіне тұрақты су қоспаларының немесе ағын сулардың көлемі ГКШ жүйесінен келетін су ысырабынан аспауға тиіс.

ГКШ жүйелерін пайдалану кезінде күл үйіндісінің арнасы мен бөгеттері арқылы сүзуді толығымен жою мүмкін емес, ол техникалық қолжетімді және экологиялық қауіпсіз минимумға дейін азайтылуы тиіс. Күл үйіндісінің сүзгілеу бөгеттерінің көлемін сүзгілеу суларын ұстап алу және олардың ГКШ айналым циклын қайтару арқылы азайтуға болады. ГКШ жүйесі суларының сапасы жағылатын отынның түріне және орнатылған жабдықтың түріне байланысты болады. Жүйені суда пайдалану процесінде ванадий, мышьяк, фтор, сынап және т.б. сияқты күл-қож материалдарында бар улы заттардың концентрациясы артады. Сонымен қатар, ылғалды күл тұту кезінде күкірт, азот және көмірқышқыл газы суда ериді. Гидрокүлді жою жүйелеріндегі судың мәні рН жоғары қышқылды-сілтілі болуы мүмкін.

Бұл сулардың құрамы мен ластану дәрежесі химиялық бақылау нәтижелері бойынша қабылдануы тиіс.

Күл үйінділерінен су объектілеріне мөлдірлетілген суды ағызуға жол берілмейді.

#### **4.2.2.10. Түтін газдарын тазарту жүйелерінен шыққан сарқынды сулар**

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында күкірттен тазарту және азоттан тазарту қолданылмайды. Бірақ ЕҚТ қағидаттарына көшу отын жағатын қондырғыларды газ тазартқышпен жабдықтауды қажет етеді.

Төменде еуроралық тәжірибеге сай сарқынды суларды жобалы тазарту және газ тазарту жүйелерінен шыққан сарқынды суларды азайту нұсқалары ұсынылған.

Сарқынды сулардың негізгі көздерінің бірі - дымқыл әктас скруббері, ол түтін газын күкірттен тазарту үшін жанармай жағатын қондырғыларда қолданылады, дегенмен судың бұл көлемін хлор мөлшері аз отынды пайдалану арқылы және хлоридтің жоғары концентрациясында жұмыс істеу үшін сіңіргішті жобалау арқылы азайтуға болады. Бұл сарқынды суларды тазарту станциясына дейін тазартуды азайтуға әкеледі, бұл өз кезегінде судың шығарылуын азайтады. Сарқынды суларды тазартудың дәстүрлі жүйесінің мысалы 3.6-суретте келтірілген, бірақ әртүрлі ұлттық ережелерге, жанармай түріне және белгілі бір аймаққа тән факторларға байланысты көптеген жүйелер бар екендігі айтылған.

Металдарды тұндыру үшін дымқыл күкіртсіздендіру жүйесінің сарқынды суларының рН мөлшері артады. Бұған әдетте кальцийлі сүтті немесе каустикалық сода көмегімен қол жеткізіледі, бұл металл гидроксидтерінің пайда болуына әкеледі. Флокулянттардың қосылуы (темір (III) хлориді) қабыршақтардың пайда болуына әкеледі. Коагуляциялық құралдарды (полиэлектролиттер) қосу жеке қабыршақтардың агломерациясына ықпал етеді, осылайша қабыршақтардың пайда болуы көбірек болады. Содан кейін тұнба алдын-ала тұндырылып, төгіліп, алынып тасталады немесе өртеледі. «Сұйық» шламның бір бөлігі флокуляция сатысына оралады, онда шлам бөлшектері тезірек флокуляцияға ықпал ететін бастапқы кристалдану ядролары ретінде қызмет етеді.

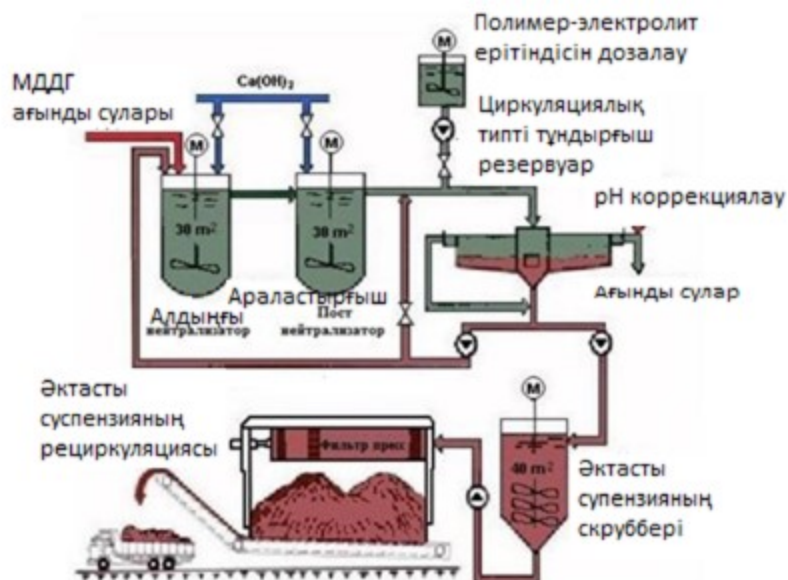


Алдын ала тұндыру кезеңінде өңделген сарқынды суды одан әрі тұндыру үшін қалыңдатқышқа қоюға болады. Тұндырылған микробөлшектер пештің көлбеу табалдырығында тұндырылады. Табалдырықтан құлаған шлам көлбеу жазықтықтары бар қалыңдатқыштың төменгі нүктесінде жиналады және оны қайта өңдеуге болады. Тазартылған сарқынды су нормативтік шекті мәндер сақталған жағдайда еңіс жазықтықтары бар қойылтқышты төгу арқылы кәрізге жіберіледі. Сонымен қатар, егер рН мәні 6-дан 9,5-ке дейін қажет болса, су бейтараптандырылады. Қағида бойынша талап етілмесе де, сарқынды сулардың құрамында аммиактың болуы оларды алдымен, кәріз жүйесіне төккенге дейін аммиакты жоятын қондырғыға жіберуге әкелуі мүмкін.

Әр түрлі қондырғыларда сарқынды суларды дымқыл күкіртсіздендіру әр түрлі әдістермен жүзеге асырылады. Кейбіреулерінде флокулянттар мен флокуляцияға арналған қосалқы құралдар қолданылса, басқаларында тек флокуляция үшін көмекші заттар және органикалық сульфид қолданылады. Алайда, флокулянттарды, флокуляцияға арналған қосалқы құралдарды және органикалық сульфидтерді қолданатын операторлар да бар.

4.43-суретте көрсетілген мысалда дымқыл күкіртсіздендіру қондырғысының сарқынды сулары әк суспензиясының көмегімен араластырғышта алдын ала бейтараптандырылады. рН мөлшері екінші реактордағы әк шламын қосымша мөлшерлеу арқылы артады. Бастапқы флокуляция және ауыр металл гидроксидтерінің шөгуі айналмалы концентрациялық реактордың резервуарында жүреді. Гидроксидтің бөлшектері арасында иілуді болғызбау және тұндыруды тездету үшін полиэлектролиттік ерітінді концентрациялық реактордың резервуарына қуат беру желісіне беріледі.

рН<sub>6</sub>-дан 9-ға дейін өңделген суды айналым концентрацияланған реакторы бар резервуардың жоғарғы аймағынан негізгі су қабылдағышқа ауыстыруға болады. Егер рН мәні 9-дан жоғары болса, оны қышқыл қоспасы, мысалы, тұз қышқылы түзетеді. Концентрациялық резервуардан алынған шламның бір бөлігі бірінші араластырғышта флокуляцияны қолдау үшін байланыс шламы түрінде беріледі. Бұл шлам гидроксидтерді тұндыру үшін үдеткіш ретінде әрекет етеді. Араластырғыштан алынған суспензияның көп бөлігі уақытша суспензия контейнерінде сақталады, сүзгі прессінде суыздандырылады және қоқысқа тастамас бұрын бункерде сақталады.

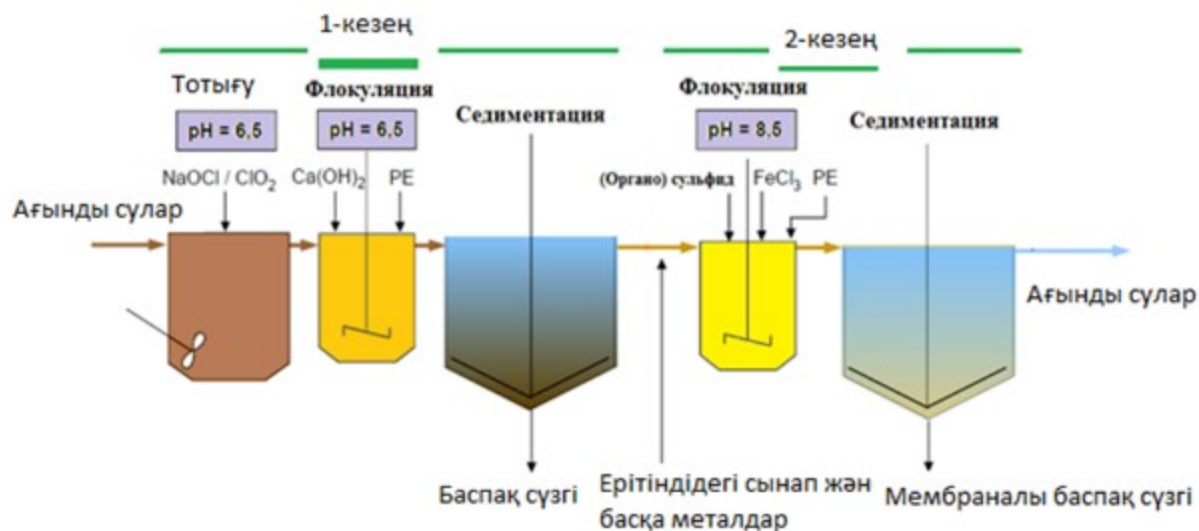


4.43-сурет. Ылғалды күкіртсіздендіру жүйесінің сарқынды суларын тазарту қондырғысы

Екі сатылы тұндыру процестері (4.42-суретті қараңыз) дымқыл күкіртсіздендіру жүйесінің сарқынды суларын өңдеуде кеңінен таралған. Дымқыл ТГК-ден сарқынды сулар алдымен тотығу сатысына жетеді, онда конверсия әдетте натрий гипохлоритімен ( $\text{NaOCl}$ ), атап айтқанда  $\text{Hg (II)}$ -де ерітілген сынаппен жүзеге асырылады. Осыдан кейін гипсті десатурациялау кезеңі жүргізіледі. Мұнда кальций гидроксидін ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) қосу арқылы сарқынды сулардың рН жоғарылайды, ал флокуляция үшін темір (III) хлориді ( $\text{FeCl}_3$ ) қосылуы мүмкін. Флокулянт қосылған кезде тұнба пайда болады, содан кейін ол тұнудың бірінші сатысында тұндырылады. Бұл шламның бір бөлігі шөгінділердің пайда болу қабілетін жақсарту үшін қайта өңделеді. Бұл кезең, мысалы, циркуляциялық тұндырғышты қолдануды қамтуы мүмкін. Тұндырылған суспензия (шөгінділердің жалпы жиналуының шамамен 99 %) негізінен кальций сульфатынан тұрады, сондықтан оны одан әрі ресурс ретінде пайдалануға болады.

Тұндырудың бірінші кезеңіндегі таза ағын металды жою сатысына түседі. Мұнда органикалық сульфидтерді қосу арқылы металдар сульфидтер ретінде тұндырылады, ал рН кальций гидроксидін қосу арқылы одан әрі арттыруға болады.

Металл сульфидтерінің тұрақтандыру қабілеті шлам мен полимерлер арасындағы байланыс арқылы жақсарады. Екі сатылы процедураның екінші кезеңінде аз мөлшерде тұнба жиналады (шамамен 1 %), оны жою керек. Тұндырудың екі кезеңінің осындай конструкциясының артықшылығы - жүйе сонымен қатар бір кезең ретінде, мысалы, қайта қарау кезінде жұмыс істей алады. Екі сатылы процедураның тағы бір артықшылығы - гипс шламы мен сынап тұнбасы бөлек жиналады.



4.44-сурет. Сарқынды суларды екі кезеңді тазарту станциясы

Ағынды азайту үшін (іс жүзінде оны нөлге дейін жеткізу) сарқынды суларды ағызуға әкелмейтін әдістердің тіркесімі қолданылады. Станцияларға тән жағдайларға байланысты, нөлдік сұйықтық ағынына әр түрлі сарқынды сулар үшін және әртүрлі әдістердің көмегімен қол жеткізуге болады. Бейтараптандыру және тұрақтандыруды орнатқаннан кейін (рН реттеу, темірдің бірлескен тұнбасы, флокуляция, ағарту және т.б.) жұмсарту-булану-кристалдану жүйесін (SEC) орнатуға болады. Бұл жүйенің өнімдері қайта өңделетін жоғары сапалы су және қайта өңделетін тұздар болып табылады. Булану станцияларға таза суды қайта пайдалануға мүмкіндік береді, осылайша суды пайдалануды азайтады. Дүние жүзіндегі бірнеше станция, оның ішінде үлкен станциялар булануды пайдаланады. Алайда, булану энергияны көп қажет етеді, бұл экологиялық артықшылықтарды өтей алады. ДС қолданудың жаңа түрлері үшін ДС үрлеу жылдамдығын төмендету арқылы мүмкін болатын қосымша шығындарды және энергия тиімділігін төмендетуді ескере отырып, нөлдік емес сұйықтық ағынының тұжырымдамасы үшін дизайнды оңтайландыруға болады.

#### 4.2.2.11. ЖЭС-тің отын цехтарын және басқа да үй-жайларын сумен жинағаннан кейінгі сулар

Ластанған сулар негізінен тұндырылады, ал тазартылған су қайта пайдаланылады. Тұндырылған қоспаларды, шламды көмір штабеліне жібере отырып, мезгіл-мезгіл алып тастап отырады.

#### 4.2.2.12. Жер үсті нөсер суы және еріген қар сулары

ЖЭС аумағынан шығатын жерүсті ағынында ЖЭС өндірістік циклінде пайдаланылатын барлық заттар болуы мүмкін, бірақ құрамында уытты қасиеттері бар заттар жоқ. Негізгі ластағыш заттар-олардың жер бетінен сіңірген заттары мен мұнай

өнімдері. Әр түрлі климаттық аймақтарда орналасқан ЖЭС зерттеу деректері бойынша еріген қар суларындағы қалқыма заттардың орташа мөлшері  $1865 \text{ мг/дм}^3$ , жаңбырда -  $1225 \text{ мг/дм}^3$ , мұнай өнімдері тиісінше 15 және  $12 \text{ мг/дм}^3$  құрайды.

ЖЭС өндірістік алаңының аумағынан жер үсті ағындары жаңбыр ағындарынан (жазғы кезеңде); еріген қар суларынан (көктемде), сондай-ақ суару-жуу суларынан қалыптасады.

Бұру жүйесін және тазарту құрылыстарын есептеу ең үлкен жаңбыр ағындысы бойынша жүргізіледі.

Жер бетіндегі ағынды тарту жүйелерін жобалаған кезде оны тазартуды және табиғи судың орнына электр станцияларының технологиялық циклінде тазартылған ағынды міндетті түрде пайдалануды көздеу қажет.

ЖЭС-тің өндірістік кәріз жүйесіне өндірістік үй-жайлардың шатырларынан, асфальтбетон жабындыларынан, кара жолдардан сарқынды сулар жіберіледі. Көгалдардағы топырақты шайған сулар жиектас құрылғыларымен қоршалуы тиіс. Нөсер кәріз жүйесіне өндірістік үй-жайлардың, жерасты құрылыстарының дренаждық сулары жіберіледі.

Қатты отын қоймаларының аумағынан, отын беру, отын дайындау жүйелерінен, аспирация жүйелерінен шығатын ағынды меншікті тазарту құрылыстарына жіберген дұрыс, бірақ оны өнеркәсіптік кәріз жүйесіне беруге болады.

Жер бетіндегі ағынды тазарту үшін  $1 \text{ мг/л}$  артық емес қалдық концентрацияға дейін мұнай өнімдерін жоюды қамтамасыз ететін технологиялар қолданылуы тиіс.

Осы ағындарды тазартудың негізі құм тұтқыштардағы қалқыма заттардан алдын ала тазарта отырып, сарқынды суларды жинау және тұндыру болып табылады. Тұндыру шлам жинағыштарда, ЖЭС аумағындағы тұндырғыш тоғандарда, өндірістік кәріз жүйелерінің сифондық құдықтарында жүргізілуі мүмкін.

ЖЭС өндірістік алаңынан тазартылмаған жер үсті ағындары, өндірістік үй-жайлар мен жерасты құрылыстарының дренаждық сулары қатты отын жағатын ЖЭС-те, гидрокүл-қожды жою жүйесінде пайдаланылуы мүмкін.

Тазартылған ағындылар ЖЭС ішінде - салқындатудың айналым жүйесін толықтыруға, үй-жайларды гидрожинауға, СҚҚ-да пайдаланылуы тиіс.

Беткі ағынды тазарту қондырғылары көбінесе коалесценция құбылысын - мұнай өнімдері тамшыларының қозғалмалы орта ішінде (сұйық ағындылар) жанасуы кезінде қосылуын қолданады. Бұл құбылысты ЖЭС-те жүзеге асыру үшін жұқа қабатты сүзгілер, сондай-ақ әртүрлі сүзгі материалдары қолданылады (антрацит, белсендірілген көмір, тоқыма емес материалдар - мысалы, сипрон - қапшық сүзгілерге арналған).

Сарқынды суларды мұнай өнімдерінен тазарту үшін коалесценцияны қолдану ЕҚТ-ға жатқызылуы мүмкін.

#### 4.2.2.13. Тұрмыстық сарқынды сулар

Тұрмыстық сарқынды суларға дәретханалар мен асханалардағы сарқынды сулар кіреді. Ағымдағы ағындар әдетте күніне шамамен 75 л/адам деңгейінде бағаланады. Шығарындылардың құрамында жоғары деңгейде органикалық заттар болады.

#### 4.2.3. Сарқынды сулар құрамының нормаланатын және бақыланатын көрсеткіштерінің тізбесі

Су объектілеріне эмиссиялар нормативтері белгіленетін суды ластайтын заттар " Эмиссиялары экологиялық нормалауға жататын ластағыш заттардың тізбесін бекіту туралы" Қазақстан Республикасы Экология, геология және табиғи ресурстар министрінің 2021 жылғы 25 маусымдағы № 212 бұйрығымен реттеледі.

ЖЭС үшін сарқынды сулар құрамының бақыланатын көрсеткіштерінің тізбесіне мынадай ластағыш заттар енгізілген:

қалқыма заттар;

БПКп;

нитраттар;

нитриттер;

хлоридтер;

фторидтер;

сульфаттар;

фосфаттар;

тұзды аммоний;

калий + натрий;

кальций;

магний;

жалпы темір;

мыс;

мырыш;

никель;

мұнай өнімдері;

СББЗ.

Су тұтынуды азайту және сарқынды суларды ағызу үшін келесі бағыттар перспективалы болып табылады:

айналымдағы су пайдалану жүйелерін барынша қолдану;

су шығынын азайту және оны бірнеше технологиялық циклдарда қайта-жүйелі пайдалану;

сарқынды сулар мүлдем пайда болмайтын немесе басқа циклдарда тікелей немесе тиісті өңдеуден кейін қолдануға болатын суды өңдеудің заманауи әдістерін қолдану; өндірістік сарқынды сулардағы құнды заттарды бөлу және пайдалану.

#### 4.2.4. Су объектілеріне сарқынды сулардың төгілуін болғызбау және/немесе азайту техникалары

Белгілі бір ЖЭС үшін сарқынды суларды тазарту мен тазартудың ең жақсы әдістерін таңдау үшін, сарқынды сулардың жобаланған ағындарына мұқият бағалау жүргізіледі. Сарқынды сулар ластағыш заттардың сипатына, концентрациясына және әртүрлі көздерден шығатын ағындардың құрылымына байланысты ерекшеленеді. Әдетте бөлінетін сарқынды суларға салқындатқыш су мен түтін газын тазартатын сарқынды сулар, жер үсті және тұрмыстық сарқынды сулар жатады. Содан кейін әр нақты ағын үшін сарқынды суларды тазартуға арналған ең қолайлы қондырғының конфигурациясы туралы шешім қабылданады.

Қоршаған ортаға төкпес бұрын сарқынды сулардан ластағыш заттарды шығару физикалық, химиялық және биохимиялық процестердің кең спектрінің тиісті комбинациясын қолдану арқылы жүзеге асырылады, соның ішінде:

сүзу;

pH түзету/бейтараптандыру;

коагуляция/флокуляция/жауын-шашын;

тұрақтандыру/сүзу/флотация;

ерітілген көмірсутектерді тазарту;

мұнай мен суды айыру жүйелері;

биологиялық тазалау.

Тиісті тазарту және/немесе жою әдісін таңдау сарқынды сулардың сапасы мен көлемінің негізгі сипаттамаларына және тазартылған сарқынды суларды қабылдаушыларға қажет сапа стандарттарына байланысты.

Осылайша, қатты отын түрін жағатын ЖЭС төгінділерінде болатын, құрамында қалқыма заттар көп төгінділер, әдетте ауыр салмақты қатты заттарды кетіру үшін бірінші рет тұндырады. Содан кейін коагулянтты және органикалық полимерді мөлшерлеу және pH түпкілікті тұндыру мен шламды алып тастағанға дейін реттеу арқылы флокуляция жүргізіледі. Қабылдаушы суға шығарылғанға дейін өңделген төгінділердің соңғы pH реттеуі қажет болуы мүмкін.

Қышқыл немесе сілтілі сарқынды суларды (мысалы, ион алмастырғыштарды қалпына келтіру төгінділері, қазандықтарды тазалауға, қазандықты үрлеуге арналған химикаттар ) төкпес бұрын бейтараптандыру қажет.

Мазут қоймаларының ағып кетуінен немесе сусыздануынан туындаған мазутты тазарту жүйелерінен, түсіру станцияларынан, трансформатор алаңдарынан және т.б. мұнайы бар сарқынды суларда көп мөлшерде мұнай болуы мүмкін. Сондықтан бұл мұнайды жинау үшін мұнайды бөлудің бастапқы кезеңі қажет, ол әдетте мұнайды ұстап тұруға арналған қақпақтармен жабдықталған гравитациялық бөлу резервуарларында жүзеге асырылады.

Су-мұнай эмульсиясы түрінде аз мөлшерде мұнай болуы мүмкін қалдық ағынды сулар мұнай ұстағыштармен жабдықталған сепараторларда немесе ауа флотациясын қолдана отырып өңделеді.

Тұрмыстық сарқынды суларды муниципалды кәріз жүйесінде тазартуға болады. Керісінше жағдайда, бұл сулар әжетқұдыққа төгіліп кетуі немесе қағида бойынша белсендірілген тұнбамен жалғасқан аэрация типі бар биологиялық тазалау блогында тазартылуы мүмкін.

Кейбір жағдайларда ЖЭС сарқынды суларды тазарту станциясында өндеудің орнына арнайы сарқынды сулар (мысалы, зертханада талдау үшін пайдаланылатын суы бар көмірсутектер) басқа төгінділермен бірге бөлек жиналады және уәкілетті мердігер учаскеден тыс жерге шығарылады. Тек төтенше жағдайларда пайда болатын өрт сөндіруге арналған суды жою өрт орнына байланысты. Мұндай сулар өрт орнына сәйкес келетін дренаж жүйелерінің көмегімен жиналады, өрт сөндіру үшін су тұндырғыштарында сақталады және қажет болған жағдайда ағызу алдында тазартылады. ДС ағындарын ағынмен бөлек немесе аралас тазарту әдістерін қолдана отырып тазартуға болады. Мысалдар төменде келтірілген.

ДС аясында су мен сарқынды суларды тазарту мәселесі маңызды. Электр станциясындағы әртүрлі аралық төгінділерді қайта өндеуді оңтайландыру арқылы судың жалпы шығынын едәуір азайтуға, сондай-ақ одан әрі тазартуды қажет ететін сұйық төгінділердің соңғы мөлшерін азайтуға болады. Мысалы, кейбір жағдайларда ДС қондырғысын қалпына келтірудің әртүрлі нүктелерінен барлық сарқынды суларды жинап, оларды технологиялық процеске қайта енгізуге болады (скруббер).

Сонымен қатар, техникалық немесе таза судың орнына күл шаңын ылғалдандыру үшін әртүрлі сарқынды суларды қолдануға болады. Сарқынды суларды тазарту қондырғысынан шығатын таза сарқынды сулар, әдетте, суды тұтыну нүктелеріне жеткізу үшін тұндырғыштарда жиналады, мұнда судың сапасы ДС үшін әктас суспензиясын дайындау немесе күл үйіндісіне шығарар алдында ДС гипс қоспасы мен күл шаңын тұрақтандыру сияқты талаптарға сәйкес келеді. Алайда, ДС жүйесін сарқынды суларсыз тек ДС жүйесінде тікелей қайта өндеу және схема арқылы құру мүмкін емес. Егер хлоридтердің мәні жоғарыласа, тұндыру арқылы тазарту қажет. Сарқынды сулар мен экстракция жылдамдығын жаңбыр суы, салқындатқыш су және т. б. сияқты басқа ағындарды қайта өндеу арқылы азайтуға болады. Бұл сарқынды суларды буландырудың балама нұсқасы айтарлықтай қосымша энергияны қажет етуі мүмкін және қалдықтарды жою экологиялық пайданы нивелирлеуі мүмкін.

### **Сүзгілеу**

Сүзгілеу дегеніміз - қатты заттарды кеуекті орта арқылы өтетін сарқынды сулардан бөлу. Ол әртүрлі технологияларды қамтиды, мысалы, құм арқылы сүзгілеу, микрофилтрация және ультрафилтрация. Ол әдетте жер үсті суларынан немесе сарқынды сулардан қатты заттарды кетіру үшін, шөгінділерді коагуляциялау және

тұндыру немесе жұмсартуға қосымша пайдаланылады. Сүзу еріген қатты заттарды кетірмейді. Сүзгілер әдетте таза судың кері ағынымен тазарту (кері жуу) операциясын қажет етеді.

Кең таралған сүзгі жүйелері мыналарды қамтиды:

сарқынды суларды тазарту құралы ретінде кеңінен қолданылатын түйіршікті сүзгі немесе құм сүзгісі (құм сүзгі ортасы кәдімгі құм болмауы керек) негізінен қатты заттары аз су үшін қолданылады;

сарқынды суларды тазарту және белсендірілген тұнба қабығын кетіру үшін қолданылатын барабанның гравитациялық қалыңдатқышы; оның тиімділігі елек тініне байланысты;

айналмалы вакуумдық сүзгі, алдын-ала сүзгілеу үшін жақсы жұмыс істейді, ол мұнай тұнбасын сусыздандыру және қалдықты демульсизациялау үшін қолданылады; мембраналық сүзгі;

негізінен тұнбаны сусыздандыру үшін, сондай-ақ сұйықтықтар мен қатты заттарды бөлу операциялары үшін қолданылатын таспалы сүзгі-пресс;

әдетте шламды сусыздандыру үшін, сондай-ақ сұйықтықтар мен қатты заттарды бөлу операциялары үшін қолданылатын сүзгі-пресс қатты заттардың көп мөлшеріне жарамды.

**Қол жеткізілген экологиялық артықшылықтар** - сарқынды сулардың ағындарындағы тоқтатылған қатты бөлшектер мен металдардың азаюы болып табылады.

### **Коагуляция, флокуляция, тұндыру және шөктіру**

Коагуляция және флокуляция қалқыма қатты заттарды сарқынды сулардан сүзгілеу үшін қолданылады және көбінесе рет-ретімен орындалады. Коагуляция қалқыма қатты бөлшектердің зарядтарына қарама-қарсы зарядтары бар коагулянттарды қосу арқылы жүзеге асырылады. Флокуляция полимерлерді қосу арқылы жүзеге асырылады, осылайша микрохлоридті бөлшектердің соқтығысуы оларды үлкен қабыршақтардың пайда болуына мәжбүр етеді.

Тұндыру дегеніміз - қалқыма қатты заттарды гравитациялық шөктіріп бөлу.

Шөктіру дегеніміз - химиялық тұндырғыштарды қосу арқылы еріген ластағыш заттарды ерімейтін қосылыстарға айналдыру. Содан кейін пайда болған қатты шөгінділер шөктіру, флотация немесе сүзу арқылы бөлінеді. Қажет болса, бұл микрофльтрациямен немесе ультрафльтрациямен бірге жүруі мүмкін. Металдарды тұндыру үшін қолданылатын әдеттегі химиялық заттар-эк, доломит, натрий гидроксиді, натрий карбонаты, натрий сульфиді және органосульфидтер. Кальций тұздары (әктен басқа) сульфатты немесе фторидті тұндыру үшін қолданылады.

Бөлшектерді қарапайым гравитациялық агенттермен бөлу мүмкін болмаған кезде, мысалы, олар өте кішкентай болған кезде, олардың тығыздығы судың тығыздығына тым жақын немесе коллоидтар түзгенде, қатты бөлшектердің шөгіндісін тудыратын арнайы химиялық заттар қосылады, мысалы:



алюминий сульфаты (алюминий);  
үш валентті темір сульфаты;  
темір хлориді;  
эк;  
полиалюминий хлориді;  
полиалюминий сульфаты;  
катионды органикалық полиэлектродиттер;  
иондық емес полиэлектродиттер;  
анионды полиэлектродиттер;  
(органол) сульфидтер.

Бұл химиялық заттар коллоидты және ұсақ тоқтатылған бөлшектердің (мысалы, саз, кремний, темір, ауыр металдар, бояғыштар, органикалық қатты заттар, сарқынды сулардағы майлар) және эмульсиялардың тұрақсыздығын тудырады, қатты бөлшектерді (коагуляция) және/немесе осы бөлшектердің агломерациясын алады, олардың мөлшері шөгуге жеткілікті (флокуляция). Флокуляция кезінде анионды және иондық емес полимерлер де қолданылады. Тиімсіз тазалауды болғызбау үшін рН диапазонын бақылау маңызды.

#### **Қол жеткізілген экологиялық артықшылықтар**

Фторидтерді, сульфаттарды, металдарды, ТОС және қатты бөлшектерді жою.

Шөкпейтін материалдар мен металдардан сарқынды сулардың ағызылуын азайту.

#### **Флотация**

Флотация дегеніміз - қатты немесе сұйық бөлшектер немесе микробөлшектер ауа көпіршіктеріне қосылу арқылы сарқынды сулар фазасынан бөлінетін процесс. Қалқымалы бөлшектер су бетінде жиналып, көбік жинағыштардың көмегімен жиналады.

Ауаны қосу әдісімен ерекшеленетін үш флотация әдісі бар:

вакуумдық флотация, онда ауа атмосфералық қысым кезінде ериді, содан кейін көпіршіктер пайда болу үшін қысым төмендейді;

ауаны мәжбүрлеп флотациялау (IAF), онда кішкентай көпіршіктер индукциялық құрылғы арқылы сарқынды суға түседі, мысалы Вентури түтігі немесе тарылтқыш құрылғы;

ерітілген ауамен флотация (DAF), мұнда қысыммен ауа (алюминий қосылыстары үшін 0,4-0,8 МПа немесе 1,0-1,2 МПа) сарқынды суда немесе жалпы сарқынды судың бір бөлігінде ериді, содан кейін кішкене көпіршіктер пайда болады.

Флотация процесін қолдау үшін әдетте алюминий мен темір тұздары, белсенді кремний диоксиді және әртүрлі органикалық полимерлер сияқты флокулянттық қоспалар қолданылады. Олардың қызметі коагуляция мен флокуляциядан басқа, ауа көпіршіктерін сіңіруге немесе ұстап алуға қабілетті бетті немесе құрылымды құру болып табылады.

**Қол жеткізілген экологиялық артықшылықтар** - сарқынды сулардың төгінділерінде шөкпейтін материалдар мен бос мұнайдың азаюы.

### **Суды мұнайдан айыру**

Мұнайдан суды айыру және одан кейінгі мұнайды жоюды былай бөлуге болады:

бөлу жабдықтарын қолдана отырып, бос мұнайдың гравитациялық бөлінуі;

эмульсияны бұзу үшін химиялық заттарды қолданып эмульсияны бұзу, мысалы:

алюминий, алюминий трихлориді, темір хлориді, темір сульфаты сияқты поливалентті металл тұздары;

күкірт қышқылы, тұз қышқылы, азот қышқылы сияқты минералды қышқылдар;

ұнтақталған саз, әк сияқты адсорбенттер;

полиаминдер, полиакрилаттар сияқты органикалық полимерлер;

коагуляция/флокуляция және ауаны флотациялау арқылы эмульсияланбаған мұнайдың кейінгі бөлінуі.

Мұнайды судан айыру үшін жиі қолданылатын су сепараторлары:

**Сепаратор** - ашық тікбұрышты бассейн мен қырғыштан тұратын қарапайым түрі, ол шламды жинау шұңқырына, ал мұнайды су бетінен мұнай жинау құрылғысына жылжытады; мұнайдың үлкен бөліктерін алуға қабілетті.

**Параллель пластиналардың тұзағы** ағынға параллель тақталармен жабдықталған, олар белсенді бетінің ауданын едәуір арттырады және су бетінен мұнай жинауға арналған құрылғы; үлкен бөліктерді ұстауға жарамайды.

**Гофрленген пластинаның тұзағы**, ағынның бойында орналасқан гофрленген пластиналар жиынтығымен және су бетінен мұнай жинауға арналған құрылғымен жабдықталған; үлкен бөліктерді уландыруға жарамайды, бірақ жақсы бөлу тиімділігімен ерекшеленеді.

### **Қол жеткізілген экологиялық артықшылықтар**

Сарқынды сулардың құрамындағы мұнай мен қатты заттарды азайту.

### **Кристалдану**

Сарқынды сулардан иондық ластағыш заттарды құм немесе минералдар сияқты қоспаларға кристалдану арқылы алып тастау.

Кейбір жағу қондырғылары буланғаннан кейін кристалдауды қолданады.

Кристалдау құрылғысы негізінен мыналардан тұрады:

төменгі ағысы және жоғарғы ағысы бар цилиндрлік реактор;

қоспалар, яғни сүзгі құмының түйіршіктері немесе қайнаған қабат күйіндегі минералдар;

рециркуляциялық сорғымен айналым жүйелері.

Айналым жүйесінің қағидаты сарқынды суларды аниондардың немесе металдардың төмен концентрациясымен айналым ағынымен араластыру болып табылады. Айналым жүйесінің арқасында реактор икемді жұмыс істей алады, мысалы:

кіріс ағыны мен композицияның ауытқуы оңай жойылады;

миллионға 10-100000 бөліктен тұратын концентрациясы бар сарқынды сулардың барлық түрлерін айналым коэффициентін қарапайым бейімдеу арқылы тазартуға болады (көп шоғырланған сарқынды су айналым коэффициентін қажет етеді); егер реакторға сарқынды су кірмесе, түйіршіктердің қайнаған қабатын жасау да сақталады.

### **Қол жеткізілген экологиялық артықшылықтар**

Сарқынды сулардың төгінділерінде металдар мен металоидтардың, сульфаттың ( $\text{SO}^{2-}$ ) және фторидтің ( $\text{F}^-$ ) мөлшерін азайту.

### **Булану**

Сарқынды сулардың булануы-бұл айдау процесі, онда су концентратты жойылатын ауыр мұнай шөгінділері ретінде қалдыруатын ұшпа зат болып табылады. Бұл операцияның мақсаты сарқынды суларды азайту немесе қалдық ерітінділерді шоғырландыру болып табылады. Ұшпа бу конденсаторда жиналады және конденсацияланған су кейіннен тазартылғаннан кейін (қажет болса) қайта өңделеді.

Буландырғыштардың көптеген түрлері бар. Олардың жарамдылығы жеке талаптарға байланысты. Буландырғыштардың мысалдары:

жылуға сезімтал емес материал үшін жарамды табиғи айналымы бар буландырғыштар; коррозиялық емес немесе кристалданбайтын ерітінділер үшін жарамды ішкі қыздыру камерасы бар тік буландырғыштар;

себет түріндегі буландырғыштар, ішкі қыздыру камерасы бар буландырғыштар сияқты қолданылады;

несепнәр, фосфор қышқылы, аммоний нитраты және т.б. концентрациялау үшін тыңайтқыштар өнеркәсібінде қолданылатын құлаған пленкалы буландырғыштар.;

фармацевтикалық препараттарды, полимерлерді, органикалық және бейорганикалық химиялық заттарды өндіру кезінде концентрациялау, фракциялау, дезодорациялау және айдау үшін пайдаланылатын араластырғышпен жұқа қабатты буландырғыштар.

Буландырғыштар әдетте бір сатыдағы конденсация жылуы алдыңғы сатыдағы конденсатты (яғни сарқынды суды) қыздыратын жерде жұмыс істейді. Вакууммен жұмыс істеу энергия қажеттілігін азайтады. Қалыпты жұмыс жағдайлары: 12-20 кПа және 50-60 °C.

### **Қол жеткізілген экологиялық артықшылықтар**

Сарқынды сулардағы ластағыш заттарды азайту.

### **Ауамен айдау**

Сарқынды суларды айдау - бұл ұшпа ластағыш заттарды су фазасынан газ фазасына ауыстыру үшін сарқынды сулар газ ағынының сарқынды ағынымен байланысатын операция. Үрленетін газдан ластағыш заттар алынып тасталады, сондықтан оны қайта өңдеуге және қайта пайдалануға болады. Органикалық және бейорганикалық ұшпа заттар (мысалы, аммиак) сарқынды сулардан шығатын газға ауысады, бұл ластанған

судың беткі аймағын едәуір арттырады. Алайда, судың булануы сарқынды сулардың температурасын төмендетеді, осылайша ластағыш заттардың құбылмалылығын төмендетеді.

Ең көп таралған су айдау жабдықтары:

саптама мұнарасын десорбциялауға арналған құрылғы:

Сарқынды суларды саптаманың үстіне тарату үшін жоғарғы жағындағы бүріккіш шүмектер және саптама арқылы кері соққы беретін газ;

залалсыздандырылған суды жинау үшін түбіндегі шұңқырмен, қосымша ауажылытқышпен жабдықталған (ауамен айдау үшін);

автоматтандырылған басқару жүйесімен және атмосфераға шығарындыларды басқару жүйесімен (GAC қондырғысы, каталитикалық тотықтырғыш немесе термоқышқылдандырғыш);

ұшпа қосылыстар сарқынды суларға арналған резервуарға барботациялық газбен (ауамен, бумен) айдалатын айдау резервуары.

Жабдық мыналардан тұрады:

сарқынды суларға арналған буферлік резервуар;

pH-ты реттеуге арналған суды алдын-ала өңдеуге арналған резервуар;

қарсы ағынмен жұмыс істеп тұрған айдау колоннасы (колонна); с противотоком;

айдау буының кейінгі конденсаторынан жылу алатын регенеративті қыздырғыш;

ауамен немесе сумен салқындатылған конденсатор;

кейіннен газ тазарту қондырғылары.

Дистилляциялық құрылғылар үздіксіз немесе жаппай жұмыс істей алады, ал соңғысы тұрақты жұмыс істеуді және үздіксіз жұмыс істейтін құрылғыларға қарағанда энергияны пайдаланудың жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді.

### **Қол жеткізілген экологиялық артықшылықтар**

Сарқынды сулардағы аммиак мөлшерін төмендету.

### **Иондық алмасу**

Иондық алмасу дегеніміз сарқынды сулардың қажетсіз немесе қауіпті иондық компоненттерін алып тастау және оларды ион алмасу шайырынан қолайлы иондармен алмастыру, олар уақытша сақталады, содан кейін қалпына келтіру немесе жуу үшін сұйықтыққа шығарылады.

Ион алмастырғыш жабдық әдетте мыналардан тұрады:

құрамында шайыр бар коррозияға төзімді төсемі бар тік цилиндрлік жоғары қысымды ыдыс, әдетте бірнеше мүмкін конфигурациялары бар саптама түрінде болады;

сарқынды сулардың және регенерациялық ерітіндінің ағынын тиісті орындарға бағыттайтын реттеуші вентиль және құбыржол жүйесі;

тұзды ерітуге және сұйылтуды басқаруға арналған жабдықтан тұратын шайырды қалпына келтіруге арналған жүйелер.

Кіріс тарату жүйесі ыдыстың жоғарғы немесе төменгі жағында орналасқан және ағынды каналдардың ион алмасу шайыры қабатына ағып кетуіне жол бермеу үшін сарқынды сулардың біркелкі таралуын қамтамасыз етеді. Бұл жүйе, сондай-ақ шаятын суға арналған коллектордың функциясын орындайды.

Ион алмастырғыш ретінде әдетте катионды немесе анионды функционалды топтары бар макропорлы түйіршікті шайырлар қолданылады. Кейбір шайырлар қалпына келтіру үшін қышқыл мен каустикалық сілтіні қажет етеді. Егер органикалық заттар болса, шайырлар ластануға ұшырауы мүмкін. Қалпына келтіретін ерітінділерді бейтараптандыру қажет.

#### **Қол жеткізілген экологиялық артықшылықтар**

Сарқынды сулардағы металл иондарын азайту.

#### **Биологиялық тазарту**

Биологиялық тазарту дегеніміз-ерітілген органикалық заттарды тотықтырғыш зат ретінде әрекет ететін микроорганизмдермен (яғни бактериялармен) бөлу.

Негізінен метаболикалық процестердің үш түрі бар: аэробты процестер (ерітілген оттегін пайдалану), оттегі жоқ процестер (оттегі донорларының биологиялық қалпына келуін пайдалану) және анаэробты процестер (оттегі қолданылмайды).

Тазартылмаған сарқынды суларда органикалық азот, аммиак ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), нитрит ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) және нитрат ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) түрінде азот болуы мүмкін. Азоттың биологиялық жойылуы сарқынды сулардағы азоттың нитратқа алғашқы айналуын, содан кейін  $\text{NO}_3\text{-N}$  инертті азотқа ( $\text{N}_2$ ) айналуын қамтиды, ол сарқынды судан атмосфераға шығарылады.

Толығырақ, азотты кетіру үшін сарқынды суларды биологиялық тазарту үш кезеңде жүреді:

аммонификация (органикалық N-ден  $\text{NH}_3\text{-N}$ -ге дейін ыдырау);

нитрификация ( $\text{NH}_3\text{-N}$ -ден  $\text{NO}_3\text{-N}$ -ге дейін тотығу);

денитрификация ( $\text{NO}_3\text{-N}$ -нің  $\text{N}_2$ -ге айналуы).

#### **Қол жеткізілген экологиялық артықшылықтар**

Сарқынды сулардағы органикалық заттардың, азоттың және металдардың құрамын төмендету.

#### **4.2.4.1. Су объектілеріне сарқынды суларды төге отырып түтін газдарын ылғалды күкіртсіздендіру жүйесімен жабдықталған қондырғылар үшін қарастыруға жататын техникалар**

Түтін газдарын дымқыл күкіртсіздендіру жүйелерінен шыққан сарқынды суларды тазартудың ықтимал технологиялары 4.6-кестеде келтірілген.

Қазақстан Республикасында қолданыстағы отын жағатын қондырғыларды пайдалануды талдау көрсеткендей, су объектілеріне негізінен жабдықтарды салқындатқаннан кейін

тазартусыз ағызылатын «шартты - таза» сулар (99,9 %) - бұл ірі ЖЭС турбиналары конденсаторларының тікелей ағынды салқындату жүйелерінің сулары.

2018-2020 жылдардағы су объектілеріне сарқынды сулармен жылына 1700-ден 4000 мың тоннаға дейін ластауыш заттар ағызылды, олардың құрамында қалқыма заттар (51 %), құрғақ қалдық (36 %), БПК (13 %) басым (1.4-бөлімді қараңыз).

4.6-кесте. Су объектілеріне төгінді төгетін түтін газдарын тазарту жүйелерімен жабдықталған қондырғылардан судың ластануын болғызбау және бақылау технологиялары

Р/с №	Техникалар	Сипаттамасы	Қол жеткізілген экологиялық артықшылықтары	Кросс-медиа әсерлері	Қолдануға қатысты техникалық мәселелер	Экономика
1	Сүзгілеу	Қатты заттарды шығатын сарқынды сулардан кеуекті орта арқылы өткізу арқылы ажырату	Сарқынды сулардың төгінділеріндегі мұнай мен қатты заттардың мөлшерін азайту	Шламның түзілуі	Жалпы қолданымды	Қондырғыға байланысты
2	Мұнайды айыру	Ауырлық күшінің әсерінен суды мұнайдан ажырату	Сарқынды сулардың төгінділеріндегі мұнай құрамының азаюы	Шламның түзілуі	Жалпы қолданымды	Қондырғыға байланысты
3	Флокуляция, тұндыру, шөктіру, бейтараптандыру	Қарапайым гравитациялық әдістермен ажыратуға болмайтын қатты заттарды тұндыру үшін арнайы химиялық заттарды қосу методами	Фторидті, металдарды, ТОС, қалқыма қатты заттарды алып тастау	Шламның түзілуі	Жалпы қолданымды	Қондырғыға байланысты
4	Жұмсарту, кристалдану, булану	Кристалдану шөктірумен тығыз байланысты. Оған карағанда, тұнба құм немесе минералдар сияқты қоспа материалдарында түзіледі.	Сарқынды сулардың төгінділеріндегі ластағыш заттарды азайту. Су төгінділерін жою	Концентрацияланған сарқынды сулар немесе шламның түзілуі. Энергия тұтыну.	ZLD жүйесіне қолданылады (нөлдік қалпына келтіру)	Қондырғыға байланысты
5	Сумен айдау	Сарқынды сулар ұшпа ластағыш заттарды су фазасынан газ фазасына ауыстыру үшін газ ағынының қарқынды ағынымен байланысады	Сарқынды сулардағы аммиак мөлшерінің төмендеуі	Аммиакты ауаға айдау арқылы ауыстыру	Сарқынды сулардағы аммиак мөлшері СКҚ/СЕКҚ-ге байланысты жоғары болған жағдайда қолданылады	Қондырғыға байланысты
6	Иондық алмасу	Сарқынды сулардың жағымсыз немесе қауіпті 9+иондық компоненттерін жою және оларды ион алмасу шайырынан	Сарқынды сулардан иондар мен		Жалпы қолданымды	Қондырғыға байланысты

		неғұрлым қолайлы иондармен ауыстыру	ионизацияланатын заттар қосындыларын алып тастау	Шлам мен тұзды ерітіндінің түзілуі		
7	Суды қайта пайдалану	Күлді, жанама өнімдерді және т. б. тасымалдау үшін КС шыққан сарқынды суларды араластыру	Су төгінділерін жою	Тұрақтандырылған материалды көмір карьерлеріне құю ретінде пайдалануға болады	Карьерлерге жақын орналасқан қондырғыларға қолданылады	Қондырғыға байланысты
8	Суды қайта айналдыру	Сарқынды суларды өндірістік процеске қайтару	Су төгінділерін азайту	Ағызылатын судағы тұздың жоғары мөлшері	Жалпы қолданымды КС үшін толықтырушы су ретінде пайдаланылатын тұщы су үшін міндетті	Қондырғыға байланысты
9	Биологиялық тазарту	Ерітілген органикалық заттарды тотықтырғыш ретінде әрекет ететін микроорганизмдермен (яғни бактериялармен) бөлу	Сарқынды сулардағы органикалық заттардың, азоттың және металдардың құрамын азайту	Бұл иістер мен ұшпа заттардың шығарылуына ықпал етуі мүмкін	Хлоридтің жоғары концентрациясы жағдайында нитрификация қолданылмауы мүмкін (яғни 10 г/л)	Қондырғыға байланысты

#### 4.3. Жердің/топырақтың ластануын бақылау және қалдықтарды басқару техникасы

Энергетика кәсіпорындарында өндіріс процесінде пайда болатын қалдықтардың негізгі түрі күл-қож қалдықтары, сарқынды суларды тазартудан алынған шламдар болып табылады.

Энергия көздерінде күл-қож қалдықтарының пайда болуы 4.7-кестеде келтірілген.

4.7-кесте. Энергия көздерінде күл-қож қалдықтарының жиналуы

Р/с №	Атауы	Түзілу көлемі млн т/жыл		Өнім бірлігіне шаққанда түзілудің үлес көлемі, т/ТДж
		Максималды	Минималды	
1	2	3	4	5
1	Жалпы энергия көздері, оның ішінде :	19,898	15,066	
2	КЭС	11,608	7,878	68÷108
3	ЖЭО	8,290	7,188	35÷99

Күл-қож қалдықтарының негізгі мөлшері Солтүстік аймақта - 90÷95 %; қалған көлемі - Алматы қ. «АлЭС» АҚ жүйесінің жылу электр станцияларымен оңтүстік аймақта қалыптасады.

Күл-қож қалдықтарының химиялық құрамы энергия көздерінде жағылатын көмірдің сапасына байланысты және негізінен кремний, алюминий, темір және кальций оксидтерімен ұсынылған, олардың үлесіне қалдықтар массасының 95 % - на дейін тиесілі.

Агрохимиялық зерттеу күл қождарында өсімдіктердің негізгі қоректену элементтерінің (азот, фосфор, калий) көп мөлшері бар екенін көрсетті.

Республикада пайдаланылатын көмірдің негізгі түрлерінің: Екібастұз және Қарағанды күл-қождарын талдау олардың іс жүзінде радиоактивті емес, тиімді үлестік радиоактивтіліктің мәні құрылыс индустриясында шектеусіз пайдаланылатын құрылыс материалдары үшін шекті мәннен (370 Бк/КГ) төмен екенін көрсетті.

Энергия көздерінде түзілетін күл-қож қалдықтары күл үйінділеріне жинауға жіберіледі, күл-қож қалдықтарын қайта өңдеу іс жүзінде жоқ. Күл үйінділері, әдетте, энергия көздерінің жанында, яғни іс жүзінде қала аумағында орналасқан. Күл-қождарды жинауға бөлінген алаңдар жалпы республика бойынша шамамен 4500 га, оның ішінде солтүстік аймақта - 3900 га, оңтүстік аймақта - 600 га алып жатыр.

Күл-қождарды күл үйінділерінде сақтау негізінен су қабатының астында сұйық түрінде жүзеге асырылады. «АлЭС» АҚ объектілерінде Алматы қаласында күлді құрамдастырып жинау жүйесі жұмыс істейді: гидравликалық және құрғақ, яғни гидравликалық секциялардан күл шығарылады және күл үйіндісінің құрғақ секциясына тегістеп және ылғалдай отырып қабаттарға жиналады.

Күл үйінділері олардың қоршаған ортаға әсерін болдырмайтын арнайы құрылыстармен жабдықталған: арнайы сүзгіге қарсы экрандар, қойыртпақты жоғарғы горизонтқа шығару, жағажайларды ылғалдандыру жүйесі, бақылау.

Сонымен бірге, КҚҚ бағалы минералды шикізат болып табылатындығына қарамастан, олар күл үйінділері орналасқан аймақтағы қоршаған ортаға әсер етеді, өйткені олар маңызды жер аумақтарын иеліктен шығарады, шаңды жағажайлар түзеді және зиянды ингредиенттердің жерасты суларына көшуіне ықпал етеді.

КҚҚ-ны ең кең номенклатурадағы құрылыс материалдары мен бұйымдарын: құрамдас цементтерді, толтырғыштарды, қабырға материалдарын, жол құрылысын және т.б. өндіру үшін пайдаланудың айтарлықтай мүмкіндіктеріне қарамастан, Қазақстанда және әлемде оларды қайта өңдеу бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының елеулі көлеміне қарамастан, Қазақстанда КҚҚ -ны қайта өңдеумен іс жүзінде ешкім айналыспайды. Институционалдық реттеу нашар дамыған.

Шын мәнінде, көмір күлін өнеркәсіптік материалдарды немесе өнеркәсіптік өнімдерді ауыстыру ретінде пайдалану табиғи ресурстарды сақтау және қорғау кезінде шикізат өндірісін үнемдейді, сонымен қатар энергия шығыны мен көмірқышқыл газының шығарылуын азайтады (цементті алмастыратын бір тонна күл шамамен 600 КГ CO<sub>2</sub> үнемдейді).



Жақсы сүзілу қасиеттеріне байланысты Еуропадағы күлдің шамамен 60 %- ы жол құрылысында және басқа да әрлеу және көгалдандыру жұмыстарында қолданылады. Күлдің шамамен 70 %-ы цемент, бетон және темірбетон бұйымдарын өндіруде қолданылады, онда оның құрылыстық қасиеттері бағаланады. Ол сондай-ақ ерітінділер, кірпіш, кірпіш блоктары, жол жамылғысы және тау-кен жұмыстарына арналған отқа төзімді ерітінді өндірісінде қолданылады.

Құрылыс индустриясының отын жағатын қондырғылардың күл-қож материалына қажеттілігін арттыру, экономикалық ынталандыру тетіктерін әзірлеу оларды сақтау үшін қажетті аудандарды қысқартуға мүмкіндік береді, бұл, әсіресе, қалалық көздер үшін өте маңызды фактор болып табылады.

Ірі отын жағу қондырғысының шламдары мен басқа да қалдықтары сарқынды суларды тазартудан алынған шламдарға және түтін газдарын күкіртсіздендіруден қалған қалдықтарға бөлінуі мүмкін.

Қалдықтың тағы бір түрі - су қабылдайтын құрылыстардың бөгегіш торларында ұсталған заттар. Салқындатқыш судың су қабылдайтын қондырғысында жиналған органикалық заттарды энергия көзі ретінде пайдалануға немесе компост жасауға болады, содан кейін топырақ сапасын жақсарту үшін пайдалануға болады (ол көп мөлшерде болғанда).

Гипс және аммоний сульфаттары сияқты түтін газдарын күкіртсіздендіру қалдықтарында кальций мен күкірт бар, олар ауыл шаруашылығында топырақты ұрықтандыру және жақсарту үшін қолданылады (мысалы, құрылыс секторы). Тыңайтқыш ретінде қазіргі уақытта жартылай құрғақ сіңіру қалдықтарының тек 0,1 %-ы қолданылады (ЕСОВА қауымдастығының мәліметтерін қараңыз), негізінен металдарға байланысты (мысалы, Cd, Hg). Жартылай құрғақ абсорбция өнімдері, атап айтқанда, жерасты толтырғышы ретінде, мысалы, жерасты шахталарын тұрақтандыру үшін қолданылады. Күкірт немесе күкірт қышқылы сияқты күкіртсіздендірудің басқа өнімдері аз мөлшерде шығарылады және оларды тек химия өнеркәсібінде қолдануға болады.

Осылайша, қалдықтардың топыраққа әсерін бақылау әдістері түтін газдары мен сарқынды суларды тазарту әдістерін, сонымен қатар қалдықтар мен жанама өнімдерді жою әдістерін қамтиды, бұл полигондарда жойылуы керек қалдықтардың азаюына әкеледі. Пайдалану коэффициентінің жоғарылауымен қайта өңделетін қалдықтар азаяды, яғни полигондардың ауданы аз пайдаланылады. Осылайша, жанама өнімдерді пайдалану топырақты қорғауға және ресурстарды үнемдеуге қызмет етуі мүмкін. Пайдаланылмаған минералды қалдықтардың қалдықтарын полигонда жоюға болады.

#### **4.4. Шудың әсер ету деңгейін төмендету әдістері 4.4.1. Шудың әсері**

Дыбыс қысымының шекті рұқсат етілген деңгейлері (РЕД), дыбыс деңгейлері, дыбыстың баламалы деңгейлері белгіленген:

еңбек қызметінің және жұмыс орындарының негізгі типтік түрлері үшін: өндірістік және қосалқы ғимараттардағы, өнеркәсіптік кәсіпорындардың алаңдарындағы, тұрғын және қоғамдық ғимараттардың үй-жайларындағы және тұрғын үй құрылысы аумақтарындағы жұмыс орындарында.

Көптеген қондырғылар тәулік бойы үздіксіз жұмыс істейтіндіктен, түнгі уақыттағы шудың мақсатты деңгейі бүкіл объектінің әдістерін анықтайды. Тональды және импульсті шу болған жағдайда-белгіленген мәндерден 5 дБ аз.

Қоршаған ортаға шудың әсері жөніндегі талап объектілердің санитариялық-қорғаныш аймағының шекарасында немесе жақын орналасқан тұрғын үй аумағында өлшеу жолымен айқындалады. Жаңа жағу қондырғысының шу әсерін анықтау кезінде осыған дейінгі фондық шуды ескеру қажет.

Жылу электр станцияларындағы шудың негізгі көздері: ауа қабылдағыштар, түтін құбырлары, сорғылар, турбиналар, қозғалтқыштар, бу жүйелері, ғимараттар (терезелер мен желдету жүйелерін қоса алғанда), градирнялар, трансформаторлар және т.б. (1.4-бөлімді қараңыз).

Ашық ауада жұмыс істеу кезінде, оның ішінде көмірде де қуаты 100-800 МВт ЖЭС көздерінің шамамен алғандағы шу сипаттамалары 1.2-кестеде 1- қосымшада келтірілген.

Шудың ең күшті көзі буды атмосфераға тастау болып табылады. Қоршаған ауданға қатты әсер ететін тұрақты шу көзі ауа және газ жолдары болып табылады, олар арқылы шу тартқыш машиналардан сәулеленеді немесе жану процестерімен байланысты. Сондай-ақ, көмір беру жүйесі, тартқыш машиналардың корпусы, күштік трансформаторлар мен градирнилер, әртүрлі үй-жайлардан кіретін шу шу көздері болып табылады.

Биіктік көзінен сәулеленетін шу табиғи және жасанды кедергілермен аз төмендейді. Энергетикалық газ-ауа құбырларынан шыққан шудың шу спектрінде тональды құрауыштары болады және үлкен биіктіктен сәулеленеді.

Әдістердің неғұрлым тиімді комбинациясы әрбір ЖЭС немесе оның участкесі үшін жеке сәйкестендірілуі тиіс және бұл әдісте шудың ең жоғары деңгейі бар, бірақ әсер етудің ең жоғары мәні бар көздегі шуды азайту әдістері міндетті түрде қамтылмайды. Сондықтан зардап шеккен аймақтарға жақын шу көздерінде қолданылатын әдістердің үйлесімі қоршаған ортадағы шуды азайтудың ең тиімді әдісі болуы мүмкін.

Үлкен отын жағу қондырғысының у әсері әдетте техникалық тұрғыдан басқарылады. Шу шығаратын көзден қашықтықтың артуы шуды азайтады, өйткені аумақты орналастыруды жоспарлау және жеке ғимараттар мен құрылыстардың орналасуы шу проблемаларын болғызбаудың ең жақсы алдын-алу шарасы болып табылады. Ғимарат ішінде бірдей қағидат қолданылады, яғни, жобалау кезінде жұмыс аймақтары шулы жабдықтан бөлінуі керек.

Шуды басқарудың кейбір жалпы әдістері:

дыбыс жиілігінің өзгеруін ескере отырып, шулы жабдықты мұқият бағдарлау және орналастыру;

дыбыс сіңіргіш конструкциялардағы қондырғының шу құрауыштарын (мысалы, газ турбиналарын, бу турбиналары мен генераторларды) қоршау;

жабдыққа арналған дірілге қарсы тіреулер мен қосылыстарды пайдалану;

ғимараттарды шуылы аз желдеткіштермен желдету;

шулы жабдықтың тірек конструкциясының қаптамасын таңдау;

түтін газдарын жоғары деңгейлі бәсеңдеткіштерді орнату;

сорғылардың қоршауларда орналасуы;

салқындатқыш судың сорғы станциясын салу

градирняларда шуылы төмен желдеткіштерді қолдану;

шу көзін қорғау үшін жағалауларды немесе басқа шу тосқауылдарын пайдалану.

Уәкілетті органдар белгілеген талаптар өндірушілерді жабдық шығаратын шуды азайтуға және осылайша бәсекелестік артықшылық жасауға итермелеуі мүмкін.

Ажыратымдылықтағы шудың мақсатты деңгейлері, әдетте, объектінің сыртындағы өлшеу нүктелерінде және әр нақты жағдай үшін бөлек орнатылады. Бұл деңгейлер, әдетте, шу әсер ететін аймаққа (тұрғын үй немесе әкімшілік) және күндізгі уақытқа: күндізгі немесе түнгі уақытқа байланысты өзгереді. Қондырғы операторы әдетте шудың таралуы және шуды азайту бойынша қабылданған шаралар туралы ақпарат беруі керек.

#### **4.4.2. Шу әсерін азайту техникалары**

##### **4.4.2.1. Жабдықтарды және ғимараттарды орналастыруды стратегиялық жоспарлау**

Бұл технология қайнар көзі мен тұрғын үй аумағы арасындағы қашықтықты ұлғайту және ғимараттарды немесе басқа құрылымдарды шу экрандары ретінде пайдалану мақсатында жабдықтар мен ғимараттардың орналасуын стратегиялық жоспарлаудан тұрады.

Қондырғылардың конструкциясы және объектілерді орналастыру жақын маңдағы осал аумақтарда пайда болатын шу әсерін барынша азайтуға бағытталған. Қарапайым, бірақ жалпы тиімді әдіс - бұл шу көзі мен аумақ арасындағы қашықтықты арттыру. Сонымен қатар, ғимараттар басқа шу көздері үшін шу экраны ретінде әрекет ете алады.

Шуды азайтудың негізгі мүмкіндіктері - шу көзін өзгерту, шуды беру жолын өзгерту немесе қабылдағышқа әсер ететін өзгерістер енгізу. Шуды кез-келген бағалау кезінде жасалатын алғашқы қадам - шудың негізгі көздері мен жолдарын анықтау. Шу көзінен (көздерден) белгілі бір қашықтықтағы шуылдың әсер ету деңгейін болжау қол жетімді

бағдарламалық құралдарды (мысалы, «Эколог-Шу», «Интеграл», Санкт-Петербург қаласы) пайдаланып, шуды азайту бойынша тиісті шараларды әзірлеу арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Акустикалық есептеу мыналарды қамтиды:

шу көздерін анықтау және олардың шуылдау сипаттамаларын анықтау;

есептеу жүргізілетін нүктелерді таңдау;

қоршаған орта элементтерінің дыбысты таратуға әсерін анықтау (экрандар, егілген ағаштар),

есептеу нүктелерінде дыбыстық қысымның күтілетін деңгейін табу;

селитебті аймағындағы дыбыс қысымының рұқсат етілген деңгейін анықтау.

Ашық ауадағы есептеу нүктелерін адамдар көп жүретін жерлерде, сондай-ақ жақын ғимараттардың шу көзі жағына қарап тұрған, бірінші, орта және соңғы қабаттардағы немесе екі қабат сайынғы терезелерінің жазықтығынан 2 м қашықтықта белгілейді.

Осылайша, шу проблемаларын болғызбаудың ең үнемді құралы-бұл шу көзі мен әсер ететін аймақ арасындағы қашықтықты ұлғайту, яғни шу шығаратын жабдықтың және бүкіл қондырғының орналасқан жерін оңтайландыру.

Шу әсерін жоюдың тікелей әдісі шу механизмін өзгерту. Тағы бір баламасы - шу көзін қаптамамен қаптау. Дыбыс жолын өзгерту үшін акустикалық кедергілер кеңінен қолданылады. Ғимарат ішінде, әсіресе қабырғалар мен төбелерде шу сіңіретін материалды қолдану ғимарат ішіндегі дыбысты азайтудың тиімді әдісі болып табылады. Егер бөлменің ішкі беттері толығымен дыбыспен шағылысатын болса, шу теориялық тұрғыдан шектеусіз болады. Сондықтан кейбір жағдайларда ішкі шу деңгейі ғимарат ішінде дыбыс сіңіретін материалды қосу арқылы бақыланады.

#### **4.4.2.2. Бастапқы техникалар: шу көзіндегі шуды азайту**

Бастапқы әдістер шу көзіндегі шу деңгейін төмендетуге бағытталған. Оларға басқару, пайдалану және техникалық қызмет көрсету әдістері, сондай-ақ шу деңгейі төмен жабдықтар мен ғимараттар жатады.

Шу көзіндегі шу әсерін төмендетудің негізгі әдістері мыналарды қамтиды:

1. Төмендегі қадамдарды қоса алғанда, ЭМЖ құрамына кіруі мүмкін шуды азайту бағдарламасы:

1) дыбыстың барлық ірі көздерін тізімдеу және октавалық сегменттерде олардың дыбыстық қуатының деңгейін анықтау, оның ішінде импульстарды талдау;

тұрғын аудандар сияқты шу әсер ететін аудандарды анықтау;

2) шудың таралуын компьютерлік есептеу (объектіні және оның айналасын модельдеу), соның ішінде тікелей өлшеу арқылы көрші аудандардағы шудың нақты деңгейін тексеру;

3) шу көздерін олардың жеке әсер ететін аудандары үшін қосқан үлесіне сәйкес саралау (күндізгі және түнгі уақыт үшін бөлек);

- 4) шу әсер ететін аудандардағы шу деңгейі үшін олардың маңыздылығына және тиісті шығындарға қатысты шуды азайту әдістерін бағалау;
- 5) шуды аймақтарға бөлу сияқты құқықтық талаптардың сақталуын қамтамасыз ететін әдістердің неғұрлым үнемді комбинациясын айқындау;
- 6) бағдарламаның тиімділігін тексеру және тұрақты уақыт аралығында шу әсерін бақылау.

2. Шулы жабдықтары бар ғимараттардағы пайдалану және басқару әдістері:

- 1) жоғары шудың пайда болуына әкелетін шамадан тыс тозу мен істен шығудың алдын алу үшін жабдықты жақсартылған тексеру және техникалық қызмет көрсету (мысалы, ауа үрлегіштер мен мойынтіректерде);
- 2) жабық алаңдардың есіктері мен терезелерін жабу;
- 3) тәжірибелі персоналдың жабдықты пайдалануы;
- 4) түнгі уақытта шулы жұмыстарды жүргізбеу;
- 5) техникалық қызмет көрсету жұмыстары кезінде шуды бақылауды қамтамасыз ету.

3. Шу деңгейі төмен жабдықты пайдалану.

4. Жабдықтар мен ауа өткізгіштерге шу бәсеңдеткіштерді (мысалы, дыбыс жұтқыш құрылғыларды, бәсеңдеткіштерді) орнату. Қысымды ауа өткізгіштер мен қауіпсіздік клапандарындағы шуды азайту үшін «дроссельдеу қағидаты» негізінде арнайы дыбыс сіңіретін құрылғылар қолданылады.

Дыбыс сіңіретін құрылғылар үлкен жиілік диапазонындағы шуды азайтуға жарамды. Типтік мысалдар - ішкі оқшауланған түтік, параллель қапталған тақталардан тұратын дыбыстық өшіргіш немесе ішкі оқшауланған жоғары қысымды камера. Реактивті дыбыс сіңіретін құрылғылар, әдетте, осындай құрылғының геометриясына негізделген. Дыбыс сіңіретін құрылғыларды немесе сөндіргіштерді пайдалану, құбыр қабырғасының қалыңдығын арттыру және дыбыс сіңіретін немесе дыбыс өткізбейтін материалдан жасалған құбырларды ішкі оқшаулау құрылғысы қолданыстағы электр станцияларындағы шу проблемаларының әдеттегі шешімі болып табылады.

5. Машина жабдықтарын дiрiл оқшаулау, жақсы дизайн және компрессорлар мен каналдар сияқты шу көздерiнiң бөлек орналасуы. Электр станцияларындағы дiрiл мен шудың маңызды көздерi - турбиналар, генераторлар, сорғылар, компрессорлар және электр қозғалтқыштары сияқты айналмалы машиналар. Шу көбiнесе машинаның дiрiлiнен туындайды, бұл корпусының шуын тудырады. Корпустық шудың таралуын шектеудiң тиiмдi әдiсi - арнайы реттелген серiппелер немесе резеңке элементтер сияқты дiрiл оқшаулағыштары қолдайтын машиналардың негiздерiн пайдалану. Оқшаулау мақсатында деформациялық тiгiстер мен дiрiл сөндiргiштер қолданылады. Ағыннан шығатын шуға қатысты құбырлар мен ауа жолдары ағын ортасының бiрқалыпты ағынын қамтамасыз ететiндей жобалануы тиiс. Геометриядағы кенеттен пайда болған өзгерiстерi ағынның жылдамдығына байланысты шуды күшейтедi. Кейбiр жағдайларда шу тiптi қоршаған орта жылдамдығына экспоненциалды пропорционал

болады, сондықтан шуды азайтудың ең тиімді әдісі - қоршаған ортаның жергілікті жылдамдығын азайту. Бұл үшін бір практикалық әдіс - құбырдың жеткілікті диаметрі мен үлкен иілім радиусын қамтамасыз ету. Құбырлардағы шу екі түрге бөлінеді: кең жиілік диапазоны бар шу және дискретті жиіліктерге шоғырланған шу.

Сорғылар, желдеткіштер және үрлегіштер пышақтардың айналу жиілігінде шу шығарады. Соңғысы доңғалақ айналасындағы қалақшалардың санына байланысты. Машинаның арнайы конструкциясы кейбір жағдайларда шуды азайтады.

6. Шулы жабдықты (мысалы, компрессорларды) ғимараттар немесе дыбыс сіңіретін материалдан жасалған ішкі оқшауланған дыбыс өткізбейтін шкафтар сияқты жеке құрылымдарға орналастыру.

7. Кез келген шулы операциялар жүзеге асырылатын ғимараттарды дыбыс оқшаулау, оның ішінде:

- 1) қабырғалар мен төбелердегі дыбыс сіңіретін материалдар;
- 2) дыбыс өткізбейтін есіктер;
- 3) қос әйнектелген терезелер.

Жабдықты жеткізуге арналған техникалық шарттарда олардың шу сипаттамаларын және бақылау орындарын қосу қажет ( $n=r$ , 1 м қашықтықта, 1,5 м биіктікте).

Шуды азайту технологиялары жаңа қондырғыларға қарағанда қолданыстағы қондырғылар үшін жоғары инвестициялық және операциялық шығындарға әкеледі.

#### **4.4.2.3. Шуды азайтудың қайталама әдістері**

Қайталама әдістер қорғаныс қабырғалары, қорғандар мен ғимараттар сияқты тиісті кедергілерді орнату арқылы шуылдың таралуын азайтуға бағытталған.

Егер шуды азайтудың бастапқы әдістері қажетті мақсатты шу деңгейіне жету үшін жеткіліксіз болса, қайталама әдістерді қолдануға болады.

Қайталама технологияны қолдану кеңістіктің болуына байланысты

Көптеген жағдайларда шу бүкіл корпусқа таралуы мүмкін және оны жабдықта немесе оның қосылыстарында өзгерту арқылы жою қиын болуы мүмкін. Бұл жағдайда мәселені не дыбыс сіңіретін немесе дыбыс өткізбейтін материалды қолдана отырып, жабдықты оқшаулау арқылы жабдықтап немесе жеке қаптамаларды пайдаланып шешуге болады.

Шу көзін қорғау үшін қорғаныс қабырғалары, үйінділер мен ғимараттар сияқты кедергілер орнатылады.

#### **4.4.2.4. ЖЭС-тегі шуды азайтуға арналған ЕҚТ**

ЖЭС шуын азайту шаралары ЖЭС-тің экономикалық, энергетикалық және экологиялық көрсеткіштерін нашарлатуы мүмкін. Сондықтан мұндай шараларды

қолдану шу бойынша санитарлық-гигиеналық нормаларға сәйкестік қамтамасыз етілмеген жағдайларда ғана ЕҚТ болып табылады.

Мұндай жағдайларда шуды азайтудың арнайы шаралары қолданылуы тиіс. Мұндай ЕҚТ шараларын таңдау кезінде олардың энергия тұтыну деңгейіне және ЖЭС экономикалық сипаттамаларына әсерін есепке алу болып табылады. Шуды азайту шаралары мүмкіндігінше қосымша аэродинамикалық кедергілер жасау есебінен ЖЭС энергия тұтыну деңгейін көтермеуі тиіс. Шуды оның көздерінен азайтуға бағытталған алғашқы шараларды, сондай-ақ шудың таралуына жол бермейтін қайталама шараларды қолдануға болады: шу деңгейі қалыпқа келетін жерлерге қатысты орналасу мен бағдарлауды таңдау, шудың таралуы үшін табиғи кедергілерді пайдалану, ең шулы операцияларды жүргізу үшін уақытты таңдау.

#### **4.5. Экологиялық менеджмент жүйесі**

Экологиялық менеджмент жүйесі (ЭМЖ) - бұл қоршаған орта, қоғам және экономика арасындағы тепе-теңдікке қол жеткізуге мүмкіндік беретін жүйе, ол болашақ ұрпақ үшін өз қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін тәуекелдер жасамай, бар қажеттіліктерді қанағаттандыру үшін қажетті шарт болып саналады.

ЭМЖ - қоғамның тұрақты дамуының экологиялық компонентінің мақсаттарына сәйкестігін көрсететін ресми жүйе.

Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексінде «технологиялар» («ең үздік қолжетімді технологиялар» анықтамасына сәйкес) «қолданылатын технология, сол сияқты құрылысты жобалау, техникалық қызмет көрсету, пайдалану және қондырғыны пайдалану әдісі» деп анықталған.

Осыған байланысты экологиялық менеджмент жүйесі қондырғы операторларына экологиялық мәселелерді жүйелі және айқын негізде шешуге мүмкіндік беретін әдіс болып табылады. ЭМЖ жалпы басқару мен қондырғының жұмысының ажырамас бөлігі болған кезде ең тиімді әрі қолданымды болып табылады.

ЭМЖ операторға қондырғының экологиялық сипаттамаларына; атап айтқанда, қалыпты жағдайлар үшін де, қалыпты пайдалану жағдайларына жатпайтын жағдайлар үшін де нақты жұмыс рәсімдерін қолдану арқылы және тиісті жауапкершілік желілерін анықтау арқылы назар аудартады.

Барлық тиімді ЭМЖ-лар үздіксіз жетілдіру тұжырымдамасын қамтиды, яғни қоршаған ортаны басқару - бұл соңында аяқталатын жоба емес, үздіксіз процесс. Экологиялық менеджмент жүйесі негізделетін тәсілдің негізіне «жоспарлау - жасау - тексеру - әрекет ету» (plan, do, check and act) (PDCA) тұжырымдамасы алынған. PDCA моделі ұйым үнемі жетілдіруге қол жеткізу үшін қолданатын циклдік процесті білдіреді. Модельді экологиялық менеджмент жүйесіне және оның жеке элементтеріне қолдануға болады. Модель келесідей сипатталуы мүмкін:

Жоспарлау (plan): ұйымның экологиялық саясатына сәйкес келетін нәтижелерді алу үшін қажетті экологиялық мақсаттар мен процестерді әзірлеу.

Жасау (do): жоспарланған процестерді енгізу.

Тексеру (check): ондағы міндеттемелерді, экологиялық мақсаттар мен жұмыс өлшемшарттарын, сондай-ақ нәтижелер туралы есептілікті қоса алғанда, экологиялық саясатты іске асыруға қатысты процестерге мониторинг жүргізу және өлшеу.

Әрекет ету (act): үнемі жақсарту бойынша әрекеттерді орындау.

Цикл итеративті динамикалық модель болып табылады, онда бір цикл келесі циклдің басында аяқталады (4.45-суретті қараңыз).



4.45-сурет. ЭМЖ моделін үздіксіз жетілдіру

Осы стандартты экологиялық менеджментті жүйелі түрде жақсарту үшін тұтастай немесе ішінара қолдануға болады. Осы құжат тек жабдықты/қондырғыларды реттейді.

ЭМЖ келесі компоненттерді қамтуы мүмкін:

1. Жоғары басшылықты қоса алғанда, басшылықтың міндеттемесі.
2. Басшылықтың қондырғыны үнемі жетілдіріп отыруын қамтитын экологиялық саясатты анықтау.
3. Қаржылық жоспарлаумен және инвестициялармен бірге қажетті рәсімдерді, мақсаттар мен міндеттерді жоспарлау және белгілеу.
4. Рәсімдерді төмендегілерге баса назар аудара отырып орындау:
  - құрылым және жауапкершілік;
  - қызметкерлерді қабылдау, оқыту, ақпараттандыру және құзыреттілік;
  - ақпараттық өзара іс-қимыл;
  - қызметкерлердің қатысуы;
  - құжаттама;
  - процесті тиімді бақылау;
  - жоспарланған тұрақты техникалық қызмет көрсету бағдарламалары;
  - төтенше жағдайларға дайындық және әрекет ету;
  - табиғатты қорғау заңнамасының сақталуын қамтамасыз ету.



5. Жұмысқа қабілеттілігін тексеру және түзету шараларын қабылдау:  
мониторинг және өлшеу;  
түзету және алдын алу шаралары;  
құжаттаманы жүргізу;  
ЭМЖ жоспарланған іс-шараларға сәйкес келетіндігін және енгізілетінін және тиісті түрде қолдау көрсетілетінін анықтау үшін тәуелсіз (мүмкін болған кезде) ішкі және сыртқы аудит.
6. ЭМЖ-ге және оның тұрақты жарамдылығына, жоғары басшылықтың жеткіліктілігі мен тиімділігіне шолу.
7. Қоршаған ортаға әсер ету туралы өтініш дайындау.
8. Сертификаттау жөніндегі органның немесе ЭМЖ сыртқы верификаторының валидациясы.
9. Таза технологияны дамытуды ұстану.
10. Төмендегілерді қоса алғанда, жаңа кәсіпорынды жобалау кезеңінде және оның бүкіл қызмет ету мерзімі ішінде қондырғыны пайдаланудан шығару мүмкіндігінен қоршаған ортаға әсерді қарау:  
жерасты құрылыстарын болғызбау;  
бөлшектеуді жеңілдететін функцияларды қосу;  
оңай қатерсіздендірілетін беткейлерді таңдау;  
түсірілген химикаттарды азайтатын және дренажды немесе тазартуды жеңілдететін жабдық конфигурациясын пайдалану;  
кезең-кезеңмен жабуды қамтамасыз ететін икемді, автономды жабдықты әзірлеу;  
мүмкіндігінше биологиялық ыдырайтын және қайта өңделетін материалдарды пайдалану.
11. Тұрақты негізде салалық бенчмаркингті қолдану (эталондық көрсеткіштер негізінде салыстырмалы талдау өз жұмысын жақсарту мақсатында кәсіпорынның тиімді жұмыс істеуінің қолда бар мысалдарын айқындау, түсіну және бейімдеу процесі ретінде).  
Атап айтқанда, бұл сектор үшін ЭМЖ-нің келесі болжамды ерекшеліктерін ескеру қажет:
12. Отынның барлық түрлерінің сипаттамаларын толық анықтауға және бақылауға арналған сапаны қамтамасыз ету/сапаны бақылау бағдарламалары.
13. Іске қосу және тоқтату кезеңдерін қоса алғанда, пайдаланудың әдеттегі жағдайларынан басқа жағдайларда атмосфераға және/немесе суға шығарындыларды азайту мақсатында басқару жоспары.
14. Қалдықтарды басқарудың жоспары қалдықтардың басым түрде азайтылуын, қайта пайдалануға дайындалуын, қайта өңделуін немесе басқаша қалпына келтірілуін қамтамасыз етеді.

15. Энергия тиімділігін арттыру және отынды пайдалану үшін жақсартуларды анықтау және іске асыру мақсатында процесс сапасын оңтайландыру жүйесі.
16. Қоршаған ортаға бақыланбайтын және/немесе жоспарланбаған шығарындылардың алдын-алу және бақылау үшін қоршаған ортаны және қауіпсіздікті басқару жүйесі, атап айтқанда:  
отынды, қоспаларды, жанама өнімдер мен қалдықтарды тасымалдау және сақтау салдарынан топыраққа және жерасты суларына шығарындылар;  
сақтау және тасымалдау кезінде отынның өздігінен қызуы және/немесе өздігінен тұтануы қауіпіне байланысты.
17. Отынды, қалдықтар мен қоспаларды тиеуден, түсіруден, сақтаудан және/немесе тасымалдаудан ұйымдастырылмаған шығарындыларды азайту үшін немесе мүмкін болмаса, шаңды басқару жоспары.
18. Сезімтал рецепторлар үшін шудың ластануы күтілетін немесе сыналатын шуды басқару жоспары, соның ішінде:  
кәсіпорын шекарасында шу мониторингін жүргізуге арналған хаттама;  
шуды азайту бағдарламасы;  
тиісті әрекеттер мен мерзімдерді қамтитын шу оқиғаларына әрекет ету хаттамасы;  
өткен кезеңдердегі шу оқиғаларына шолу, түзету әрекеттері және зардап шеккен тараптар үшін шу оқиғалары туралы білімді тарату.
- Жоғарыда сипатталған компоненттер әдетте осы құжаттағы барлық қондырғыларға қолданыла алады. ЭМЖ көлемі (мысалы, егжей-тегжейлі деңгей) және сипаттамасы (мысалы, стандартталған немесе стандартталмаған) қондырғының сипатына, масштабына және күрделілігіне және қоршаған ортаға әсер ету ауқымына байланысты болады.
- ЭМЖ қондырғының экологиялық сипаттамаларын үнемі жақсартуға ықпал етеді және қолдайды. Егер қондырғының экологиялық сипаттамалары жақсы болса, ЭМЖ операторға жоғары өнімділікті сақтауға көмектеседі.
- ЭМЖ контекстінде қоршаған ортаға және жақсартуға арналған өрістерге алғашқы әсерді жүйелі түрде талдау барлық экологиялық ақпарат құралдары үшін ең жақсы шешімдерді бағалауға негіз жасайды.
- ЭМЖ енгізу үшін түрткі болатын себептер:  
экологиялық көрсеткіштерді жақсарту;  
клиенттердің, реттеуші органдардың, банктердің, сақтандыру компанияларының немесе басқа да мүдделі тараптардың (мысалы, қондырғыға жақын жерде тұратын немесе жұмыс істейтін адамдардың) экологиялық талаптарын қанағаттандыру үшін пайдаланылуы мүмкін компанияның экологиялық аспектілерін түсінуді жақсарту;  
шешім қабылдау үшін жақсартылған негіз;

қызметкерлердің уәждерін жақсарту (мысалы, менеджерлер қоршаған ортаға тигізетін әсері бақыланатынына сенімді бола алады, ал қызметкерлер өздерін экологиялық жауапты компанияда жұмыс істейтін сияқты сезінуі мүмкін);

операциялық шығындарды азайту және өнім сапасын жақсарту үшін қосымша мүмкіндіктер;

компания имиджін жақсарту;

жауапкершілікті, сақтандыру және сақтамау шығындарын қысқарту.

### **Қолданылуы**

Қолданылу аясы (мысалы, нақтылау деңгейі) және ЭМЖ сипаты (мысалы, стандартталған немесе стандартталмаған) негізінен қондырғының түріне, масштабына және күрделілігіне, сондай-ақ қоршаған ортаға ықтимал әсер ету шектеріне жатады.

## **4.6. Отын сапасын бақылау, әртүрлі отын түрлеріне арналған бақылау параметрлері 4.6.1.**

### **Отын сапасын бақылау**

Электр станцияларында кіретін және пайдаланылатын отынның екі түрін бақылау жүзеге асырылады.

Кіріс бақылауының мақсаты-электр станциясына келетін отынның сапасын анықтау, оны сақтау және пайдалану мәселелерін дұрыс шешуге мүмкіндік береді. Кіріс бақылауының тағы бір маңызды міндеті сапасы жеткізуші кәсіпорындар ұсынатын стандарттар мен сертификаттардың талаптарына сәйкес келмейтін отын партияларын анықтау болып табылады. Мұндай жұмыс отын жеткізушілерді мемлекеттік стандарттар мен шарттардың талаптарын қатаң сақтауға мәжбүр етеді және осылайша жөнелтілетін отынның сапасын тұрақтандыруға және жақсартуға ықпал етеді.

Электр станцияларындағы отын сапасын бақылау, сондай-ақ оның шығынын есепке алу өте маңызды, өйткені өндірілетін электр және жылу энергиясының өзіндік құнында отын шығындарының үлесі 65-70 % жетеді. Пайдалануды бақылау тікелей жағуға жіберілетін отынның мөлшері мен сапасын айқындау және кейіннен оның электр және жылу энергиясын өндіруге жұмсалатын үлестік шығысын айқындау үшін ұйымдастырылады. Отын жағатын қондырғыларда отынды пайдалану коэффициентін арттыру энергия блоктарының бу параметрлерін және бірлі-жарым қуатын табуды, жылу схемалары мен жылу жабдықтарын жетілдіруді, сондай-ақ оның сапасын жедел және сенімді бақылауды ұйымдастыра отырып, отынды дайындау және жағу схемалары мен әдістерін қамтитын іс-шаралар кешенімен жүзеге асырылады.

Қондырғы жобасын жасау үшін көмірдің сапасын мүмкіндігінше толық зерттеу қажет. Қондырғыда қондырғы жобаланған отынды пайдалану маңызды, бұл ұзақ мерзімді перспективада жоғары тиімділікті, сондай-ақ үздіксіз жұмыс істеуді және оңтайлы экологиялық сипаттамаларды қамтамасыз етеді.

Мысал ретінде Қарағанды өнеркәсіптік өнімін жағуға жобаланған, өнімділігі 420 т/сағ, «АлЭС» АҚ Алматы ЖЭО-2 №1-7 станцияларының қазандықтарын келтіруге болады.

Көмірді Екібастұзға ауыстыру нәтижесінде қазандықтардың өнімділігі 380 т/сағ дейін төмендеді, экологиялық көрсеткіштер нашарлады: атмосфераға шығарындылар мен күл-қож қалдықтарының пайда болу көлемі ұлғайды.

Көмірді мұқият таңдау атмосфераға шығарындыларды азайтудың және Қалдықтардың пайда болуын азайтудың тиімді әдісі болып табылады. Жоғары калориялық мәні бар отынды пайдалану және тасымалдау мен өңдеудің минималды құны экономикалық тұрғыдан тиімді.

#### **4.6.2. Отын сапасын бақылауды ұйымдастыру. Бақыланатын параметрлер**

Қатты отын

Көмір сапасын растау үшін төмендегілер жүргізіледі:

техникалық талдау - көмірдің жану кезіндегі әрекеті туралы ақпарат беру(мысалы, ылғал, ұшпа заттар, қатты көміртек);

химиялық талдау - бу өндіру мақсатында көмірді таңдау үшін ақпарат беру (мысалы, жалпы көміртек, сутегі, азот, оттегі, жылу шығару қабілеті, күлдің балқу температурасы, ұнтақтау қабілеттілігі және күкірттің болуы).

Техникалық талдау бастапқы материалдардың сапасын бағалауға, технологиялық процестің барысын тексеруге, шикізатты, отынды, электр энергиясын неғұрлым үнемді жұмсауға қол жеткізуге, Өндіріс қалдықтарын азайтуға, ақауларды уақтылы жоюға, шығарылатын өнімнің жоғары сапасын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Осылайша, өндірістік процестерді дұрыс ұйымдастыру және бақылау үшін техникалық талдау қажет.

Химиялық талдау, басқалармен қатар, газ тазарту қондырғыларының жұмысын таңдауға және реттеуге мүмкіндік береді.

Отынның біріктірілген сынамаларын іріктеу сынама алғыштардың көмегімен механикаландырылған тәсілмен жүргізіледі. Көмір сынамаларын алу үшін сериялы шығарылатын сынама іріктегіштер, ал зертханалық сынамаларды дайындау үшін сынама бөлетін машиналар қолданылады. Талаптарға жауап беретін сынама іріктегіштер мен сынама бөлгіш машиналардың басқа да түрлеріне жол беріледі.

Сынама іріктегіштер мен сынама бөлу машиналары, әдетте, отын беру конвейерінде, қазандық бункерлік галереясының конвейерлеріне отын құю орнында оорналастырылады.

Барлық отын беру желілері, олардың санына және енгізу санына қарамастан, механикалық сынама іріктегіштермен жабдықталады.

Сапаны бақылаудың стандартты көрсеткіштері мынадай параметрлер болып табылады: төмен жылу шығару қабілеті (ккал/КГ), ылғалдылық (%), күл (%), жалпы күкірттің құрамы (%), ұшпа өнім (%).

Бақыланатын параметрлер құрамына парниктік газдар шығарындыларын түгендеу қажеттілігі аясында отындағы көміртегі (%) құрамын қосу ұсынылады.

Сапаны бастапқы (кіру) бақылау отын жеткізуге арналған сертификатта келтірілген параметрлерді ескере отырып, міндетті болып табылады. Келіп түсетін көмірдің әрбір партиясы бақыланады

Қатты отынның сапасын оның жану жылуының, ұшпа заттардың шығуының (V), ылғалдылығының көрсеткіштерімен анықтау ұсынылады. (W), күкірт (S), азот (N), сутегі (H), оттегі (O), көміртек (C) және сертификатта көрсетілген басқа да заттар.

Сапаны пайдалану бақылауы (бақылау мерзімділігі және бақыланатын көрсеткіштер) әрбір станцияда әзірленген тиісті нұсқаулықтармен реттеледі, бақыланатын параметрлер отынды пайдалану тиімділігі мен ластағыштардың маңыздылығын бағалау негізінде белгіленеді. Әр электр станциясында химиялық зертханалар жүзеге асырады.

Зерттеулер бекітілген әдістемелер бойынша жүргізіледі [97-120].

Газ тәрізді отын

Газ отын ретінде газ турбиналары мен қазандықтарда қолданылады. Газ турбиналары негізінен мұнай кен орындарының ілеспе газында жұмыс істейді; газды пайдаланатын қазандықтар негізінен қалаларды жылумен жабдықтау жүйелеріне қатысады.

Газ сапасын бақылаудың стандартты көрсеткіштері мынадай параметрлер болып табылады: төмен жылу шығару қабілеті (ккал/м<sup>3</sup>), N<sub>2</sub> азот құрамы (%), со<sub>2</sub> көмірқышқыл газының құрамы (%), газ тығыздығы (кг/м<sup>3</sup>).

Газ сапасының көрсеткіштерін бақылауды үздіксіз (үздіксіз жұмыс істейтін тіркейтін және көрсететін бақылау-өлшеу аспаптарын қолдану) немесе кезең-кезеңімен (зертханалық талдаулар) жүргізу ұсынылады.

Сұйық отын

Мазут

Мазуттың құрамына байланысты келесі маркалар белгіленген:

- 1) жеңіл отын - флотский Ф5 және Ф12 мазуты;
- 2) орташа отын-40 в маркалы және 40 маркалы отындық мазут;
- 3) ауыр отын-100 В маркалы және 100 маркалы отындық мазут.

Отын жағатын қондырғыларда жану мазуты пайдаланылады, ол күкірттің құрамына қарай жіктеледі: төмен күкіртті, аз күкіртті, күкіртті, жоғары күкіртті.

4.8-кесте. Оттық мазутының көрсеткіштері

Р/с №	Көрсеткіштің атауы	M40	M100	Ескертпе
1	2	3	4	5
1	Күлділік, %	0,04/0,12	0,05/0,14	Алымында - 40В және 100В мазуттар үшін, бөлгіште - 40 және 100 мазуттар үшін
2	Судың массалық үлесі, %, көп емес	0,3/1,5	0,3/1,5	
3	Күкірттің массалық үлесі, %			

4	көп емес, мазут үшін			
5	төмен күкіртті	0,5	0,5	
6	аз күкіртті	1,0	1,0	
7	күкіртті	2,0	2,0	
8	жоғары күкіртті	3,5	3,5	
9	Құрғақ отынға қайта есептегенде жану жылуы ең төмен МДж/кг (ккал/КГ)			
10	аз күкіртті және күкіртті мазуттар үшін	40,74 (9700)	40,53 (9650)	
11	жоғары күкіртті мазут үшін	39,9 (9500)	39,9 (9500)	
12	Тығыздығы 20 °С, көп емес	0,965	0,865	
13	Тұтану температурасы, °С ашық тигельде, көп емес	90	110	

Мазут өте қымбат отын болғандықтан, оны жанармай жағатын қондырғыларда аз қолданады.

Мазут сапасын бақылаудың стандартты көрсеткіштері мынадай параметрлер болып табылады: төмен жылу шығару қабілеті (ккал/КГ), тығыздығы (г/см<sup>3</sup>), ылғалдылығы (%), жалпы күкірттің болуы (%), тұтқырлығы, тұтану температурасы.

#### 4.6.3. Отынды таңдау немесе ауыстыру

Отынды таңдау немесе отынды қатты немесе сұйық немесе газдан немесе сұйық газдан ауыстыру мүмкіндігі осы құжатта «белгілі бір жағдайларда» қарастырылады, өйткені отынды таңдаудың немесе ауыстырудың немесе таңдаудың техникалық, экономикалық және саяси орындылығы көбінесе жергілікті жағдайлармен анықталады. Жанармайдың өзгеру мүмкіндігі ұлттық деңгейде отын саясатын стратегиялық бағалауға жатады және нарықта қол жетімділікке байланысты.

Негізінде, күл, күкірт, азот, көміртегі, сынап және т.б. төмен отынды пайдалану мүмкін нұсқалардың бірі болып табылады.

Төмен күкірт отынын таңдау немесе ауыстыру, отынның басқа негізгі параметрлерін сақтау (мысалы, жану жылуы, күл және ылғалдылық) отын диапазонында қазандықтың дизайны SO<sub>2</sub> шығарындыларын едәуір төмендететін шара болып табылады.

Табиғи күкіртсіздендіру SO<sub>2</sub> шығарындыларын 90 % - ға дейін төмендетуі мүмкін, мысалы, кейбір төмен сапалы лигниттер мен төмен Күкірт пен жоғары сілтілі күлді жағу арқылы SO<sub>2</sub> шығарындыларын жалпы қайталама әдістерді қолдану арқылы қол жеткізілген деңгейлермен салыстыруға болады.

Металлургиялық зауыттарда орналасқан жану қондырғыларының мақсаты-бұл салада жағылатын отын/технологиялық газдардың құрамы мен мөлшері әр түрлі болуы мүмкін

екенін ескере отырып, қол жетімді технологиялық газдарды барынша пайдалану. Технологиялық газдар олардың қол жетімділігіне қарай жағу қондырғыларына беріледі, өйткені олар металлургиядағы тұтыну зауыттары үшін басымдық тәртібімен бөлінеді. Мысал ретінде, Қарағанды өнеркәсіптік өнімін жағуға жобаланған, өнімділігі 420 т/сағ, «АлЭС» АҚ «АлЭС» АҚ 2-ЖЭО №1-7 Алматы ст.қазандықтарын келтіруге болады. Көмірді Екібастұзға ауыстыру нәтижесінде қазандықтардың өнімділігі 380 т/сағ дейін төмендеді, экологиялық көрсеткіштер нашарлады: атмосфераға шығарындылар мен күл-қож қалдықтарының пайда болу көлемі ұлғайды.

Көмірді мұқият таңдау атмосфераға шығарындыларды азайтудың және Қалдықтардың пайда болуын азайтудың тиімді әдісі болып табылады. Жоғары калориялық мәні бар отынды пайдалану және тасымалдау мен өңдеудің минималды құны экономикалық тұрғыдан тиімді.

#### **4.7. Атмосфералық ауаға шығарындылар мониторингі 4.7.1. Эмиссиялар мониторингі мен бақылаудың жалпы қағидаттары**

Атмосфералық ауаға шығарындылар мониторингі өндірістік экологиялық бақылаудың құрамдас бөлігі болып табылады, оның мақсаты мен мақсаттары 2021 жылғы Қазақстан Республикасының Экологиялық Кодексінің 186-бабында белгіленген.

Өндірістік экологиялық бақылау жүргізу I және II санаттағы объектілер үшін міндетті. Пайдаланудың әдеттегі жағдайларында мониторингті талдау тікелей өлшеулер (мысалы, көзді тікелей тестілеу) арқылы немесе есептеу әдістерін пайдалана отырып жүзеге асырылуы мүмкін. Тікелей өлшеулер үздіксіз немесе мерзімді болуы мүмкін. Пайдаланудың ерекше жағдайларында есептеу әдістері қолданылады.

Әдеттегі пайдалану жағдайларында мониторингтің ең аз жиілігі ластағыш заттың түріне, жағылатын отынға, қондырғының қуатына, мониторинг практикасына және шығарындыларды азайтудың қолданылатын әдістеріне байланысты болады.

Осы бөлімде қоршаған ортаға эмиссиялардың өндірістік мониторингі туралы жалпы ақпарат берілген.

#### **4.7.2. Мониторинг компоненттері**

Ірі отын жағу қондырғыларында өлшенетін немесе шығарындылар коэффициенттері мен басқа әдістерді пайдалана отырып есептелген атмосфераға шығарындылар құрамындағы неғұрлым кең таралған бақыланатын заттар:

отын шаруашылығынан шаңның ұйымдастырылмаған шығарындылары;

түтін мұржаларының шығарындыларындағы шаң (PM<sub>10</sub> және PM<sub>2.5</sub> қоса алғанда);

күкірт оксидтері (SO<sub>x</sub>);

азот оксидтері (NO<sub>x</sub>);

көміртегі тотығы (CO);

көміртегі қостотығы (CO<sub>2</sub>).

#### **4.7.3. Бастапқы шарттар мен параметрлер**

Атмосфераға шығарындылар үшін стандартты жағдайларда алынған шығарындылар концентрациясын, яғни 273 К, 101.3 кПа, оттегі мен құрғақ газдың эталондық деңгейін өзгерту үшін түтін газдарының мынадай параметрлері айқындалады:

түтін газының көлемдік шығыны (концентрациясы мен массалық шығынын есептеу үшін);

түтін газының температурасы;

түтін газындағы су буының құрамы;

газ құбырындағы статикалық қысым;

атмосфералық қысым;

мониторинг кезеңі/орташа кезең;

оттегінің мөлшері.

Жоғарыда аталған параметрлерге қосымша, жану қондырғысы мен түтін газын тазарту жүйесінің тиімді жұмыс істеуі үшін белгілі бір параметрлерді (мысалы, кернеу мен электр энергиясы (электр сүзгілері), қысымның төмендеуі (қапшық сүзгілері), суармалы судың рН (скрубберлер) және газ құбырларындағы әртүрлі қондырғылардағы ластағыш заттардың концентрациясын (мысалы, шаң мен газды тазартуға дейін және кейін) қосымша өлшеу қажет болуы мүмкін.

#### **4.7.4. Сынамаларды іріктеу орындары**

Сынамаларды іріктеу орындары тиісті стандарттармен реттеледі.

Сынамаларды іріктеу орындары ластағыш заттардың тұрақты ағыны мен шоғырлануына тән жағдайлар күтілетін газ өткізгіштің белгілі бір орнында (секциясында) орналасуы тиіс.

Өлшеу/іріктеу бөлімі - бұл өлшеу жазықтығын(жазықтығын) қамтитын белгілі бір ұзындықтағы бөлім.

Өлшеу/сынама алу жазықтығы - бұл сынама алу позициясындағы газдың осьтік сызығына қалыпты жазықтық.

Өлшеу/іріктеу нүктесі (өлшеу/іріктеу орны деп те аталады) - өлшеу жазықтығы (жазықтықтары) аймағында шығатын газдардың газ өткізгіштегі, онда тікелей өлшеу жүзеге асырылады немесе сынама ағыны алынады.

Өлшеу орны оңай қол жетімді және тиісті түрде жабдықталған болуы керек: қызмет көрсету алаңдарымен, өлшеу порттарымен және қуат көздерімен жабдықталған. Егер қызмет көрсету алаңдары ғимараттан тыс орналасқан болса, олардың ауа-райынан қорғайтын баспанасы болуы, жұмыс кеңістігі жеткілікті болуы керек.



Отын жағатын қондырғылар үшін өлшеу орны, әдетте, түтінге тазартылғаннан кейін шығатын газдардың кіреберісіндегі түтін сорғаннан кейін қазандықтың газ шығыны болып табылады.

Үздіксіз өлшеулер, әдетте, бір нүктеде өлшеу/іріктеумен шектеледі. Осы мақсатта бақыланатын жазықтықта торды өлшеу негізінде ең жақсы қол жетімді өлшеу/іріктеу нүктесін анықтау процедурасын қамтамасыз ету қажет.

#### 4.7.5. Шығарындылар мониторингі

Шығарындылар мониторингі төмендегі іс-шараларды орындау мақсатында түтін газдарындағы ластағыш заттардың мөлшерін анықтау үшін жүзеге асырылады:

рұқсат шығарындыларының шекті мәндерінің сақталуын тексеру,

уәкілетті органға хабарлау үшін,

жану процестерін немесе шаңды тазарту жүйесін бақылау,

және/немесе қондырғының немесе процестің қоршаған ортаға әсерін болжау үшін.

Жоғарыда айтылғандай, шығарындыларды бақылау үздіксіз және кезеңдік өлшеулер негізінде жүзеге асырылады.

Үздіксіз өлшеулер шығарындыларды үздіксіз мониторингілеу үшін объектіде тұрақты орнатылатын автоматтандырылған мониторинг жүйесінің (АМЖ) көмегімен орындалады.

Кезеңдік өлшеу - белгілі бір уақыт аралығында өлшенетін шаманы анықтау.

4.9-кестеде артықшылықтары мен кемшіліктерін қоса алғанда, үздіксіз және кезеңдік өлшеулердің маңызды сипаттамаларына шолу берілген.

4.9-кесте. Үздіксіз және кезеңдік өлшемдердің сипаттамаларын салыстыру

Р/с №	Сипаттамасы	Үздіксіз өлшеу	Кезеңдік өлшеу
1	2	3	4
1	Сынама алу кезеңі	Өлшеу заттардың шығарындылары болатын уақыттың барлығын немесе көп бөлігін қамтиды	Шығарындылардың ұзақ кезеңдік көрінісінің нәтижелері.
2	Жылдамдығы	Әрдайым дерлік нақты уақыттағы нәтижелер	Егер аспаптық анализаторлар қолданылса, нәтижелер нақты уақытта болады; егер зертханалық қорытынды әдіспен қолмен жасау әдісі қолданылса, кешіктірілген нәтижелер
3	Нәтижелерді орташалау	Нәтижелер үздіксіз жиналады және белгілі бір кезеңде орташалануы мүмкін, мысалы 30 минут, 1 сағат немесе 24 сағат	Іріктеу кезеңіндегі нәтижелер, әдетте 30 минуттан бірнеше сағатқа дейін
4	Калибрлеу және реттеу	АМЖ үшін стандартты эталондық әдіс бойынша калибрлеу және техникалық қызмет көрсету аралығында сертифицирталған эталондық материалдарды пайдалана отырып реттеу қажет	Кезеңдік өлшеу үшін стандартты анықтамалық әдістерді қолдануға болады; бұл қолмен немесе автоматтандырылған әдістер болуы мүмкін

5	Аккредиттеу	Қазақстан Республикасының белгіленген талаптарына сәйкес АМЖ калибрлеу және қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ету	Қазақстан Республикасының белгіленген талаптарына сәйкес кезеңдік өлшеулер үшін сапаны қамтамасыз ету
6	Жабдықты сертификаттау	Жабдықты сертификаттау ықтимал	Портативті жабдықты сертификаттау қол жетімді
7	Инвестициялық шығындар *	Кезеңді бақылау үшін жабдықтың құнынан жоғары. 105 000 еуро	АМЖ құнынан төмен 6500 еуро
8	Пайдалану шығындары *	Әдетте кезеңді өлшеу шығындарынан жоғары, Жылына 32 800 еуро	Әдетте АМЖ шығындарынан төмен 4000 еуро/жыл

\* JRC Reference report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED Installations, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU, Integrated Pollution Prevention and Control, 2018.

4.9-кестеге қосымша, үздіксіз немесе кезеңдік өлшеулерді пайдалану туралы шешім қабылдау кезінде мынадай аспектілер назарға алынуы мүмкін:

шығарындылардың экологиялық маңыздылығы;

ШРШ артуына байланысты экологиялық тәуекел;

шығарындылар деңгейінің құбылмалылығы, атап айтқанда, егер олар ШЖШ-ға жақын болса;

заңды талаптар (мысалы, ұлттық заңнамада, ЕҚТ қорытындылары);

жергілікті жағдайлар (мысалы, ауа сапасының стандарттары);

жабдықтың қол жетімділігі мен сенімділігі (мысалы, белгілі бір жағдайларда үздіксіз өлшеу мүмкін болмауы мүмкін, мысалы, жоғары су буы немесе шығатын газдардағы шаң);

қажетті өлшеу белгісіздігі;

ластануға қарсы күрес жүйесін қоса алғанда, жұмыс жағдайларын тұрақты мониторингтеу және/немесе бақылау қажеттілігі;

халықтың реакциясы.

Еуропалық Одақта үздіксіз өлшеулер жалпы номиналды жылу қуаты 100 МВт немесе одан астам (мысалы, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> және шаң үшін) ірі жағу қондырғылары үшін міндетті, әрі қандай жағдайларда үздіксіз өлшеулер кезеңдік өлшеулермен ауыстырылуы мүмкін екендігін айқындайтын шарттар әзірленген.

ЕО-ға мүше кейбір мемлекеттерде (мысалы, Бельгия, Дания, Франция, Германия және Португалия) үздіксіз өлшеу қажеттілігі туралы шешім қабылдау үшін жаппай шығыстың шекті мәндері белгіленген.

ЕО-ға мүше басқа мемлекеттерде (мысалы, Нидерланд және Біріккен Корольдікте) газ тазарту жабдығының істен шығуы нәтижесінде шығарындылардың ұлғаюын үздіксіз өлшемдерді талап ету үшін негіз ретінде қарастыратын тәуекелді бағалауға негізделген тәсіл пайдаланылады.

Жоғарыда аталған аспектілер мен мысалдар қандай мониторингтің неғұрлым орынды екендігін шешуге көмектесуі мүмкін: үздіксіз немесе кезеңдік. Бұл ретте қайта жаңартуға шығарылатын қондырғылар үздіксіз мониторинг бойынша талаптардан босатылуы тиіс.

Ұсынылған мысалдарға сүйене отырып, Қазақстандағы отын жағатын қондырғының бірлі-жарым қуатын ұсынуға болады, ол үшін үздіксіз мониторинг міндетті болып табылады - 100 МВт-тан астам. Бұл ретте қайта жаңартуға шығарылатын қондырғылар үздіксіз мониторинг бойынша талаптардан босатылуы тиіс.

#### **4.7.6. Кезеңдік мониторинг**

Кезеңдік өлшеулер дегеніміз - атмосфераға шығарындылар болған жағдайда белгіленген уақыт аралықтарымен өлшенетін шаманы анықтау. Бұл өлшеулер үшін түтін газының үлгісі газ құбырынан алынады және ластағыш зат портативті өлшеу жүйелерімен немесе кейіннен зертханада бірден талданады.

Өлшемдердің бір сериясындағы жүйелі жеке өлшемдердің саны өлшеу мақсатына сәйкес және жүктеме тұрақтылығына қатысты көрсетілуі тиіс. Тұрақты шығарындыларды өлшеу кезінде ең жақсы тәжірибе - бір өлшеу сериясында қатарынан кемінде үш үлгіні алу болып табылады.

#### **4.7.7. Үздіксіз мониторинг. Сынамаларды іріктеу орындары**

Жалпы алғанда, үздіксіз тікелей өлшеу шығарындыларды бақылаудың ең дәл және таңдаулы әдісі болып табылады. Газдардағы бірқатар компоненттердің шығарындыларын үздіксіз бақылау мүмкін, ал кейбір жағдайларда дәл концентрациялар ( $\text{мг/нМ}^3$ ,  $\text{сағ/млн}$ ) есепте үздіксіз немесе келісілген уақыт кезеңдері ішінде орташа мәндер түрінде (жарты сағатта бір рет, күн сайын және т.б.) берілуі мүмкін. Үздіксіз мониторинг ол жақсы ұйымдастырылған және оны жүргізу үшін оқытылған персонал болған кезде тиімді болады. Яғни, үздіксіз мониторинг жүргізу мүмкіндігінің шарты:

- 1) сертификатталған өлшеу жабдығы;
- 2) жабдықты басқару үшін оқытылған персоналдың болуы (калибрлеу рәсімдері үшін және т.б.).

Жабдықты таңдау кезінде жұмыс параметрлерінің өзгеруін ескеру қажет, мысалы, түтін газындағы артық/төмен қысым, қысымның ауытқуы, түтін газының температурасы және т. б. Мұндай жағдайларда үзіліссіз өлшеулерге, мысалы, өлшеулерге артықшылық беріледі.

#### **4.7.8. Жанама параметрлерді қолдана отырып есептік мониторингі**

Жанама параметрлер ластағыш заттардың нақты мәндерін тікелей өлшеудің орнына қолдануға болатын өлшенетін немесе есептелген параметрлер болып табылады. Жанама параметрлерді жеке-жеке және бірге пайдалану жану процесінде ластағыш заттардың пайда болуының және олардың атмосфераға шығарылу мөлшерінің сенімді көрінісін қамтамасыз ете алады.

Шығарындыларды болжамды мониторингтеу жүйелері технологиялық процестің үздіксіз бақыланатын бірқатар параметрлерімен (мысалы, түтін газының шығысы, ауа-отын қатынасы) өзара байланысы негізінде ластағыш зат шығарындыларының шоғырлануын айқындау үшін пайдаланылатын жүйелер мен жағылатын отынның мөлшері және шығарындылардың пайда болу көзінің (қазандық агрегаты, газ турбинасы немесе қозғалтқыш) сапасы (мысалы, күкірттің мөлшері) туралы деректерді білдіреді.

Шығарындыларды болжамды бақылау жүйелері  $\text{NO}_x/\text{CO}/\text{CO}_2$  шығарындыларын анықтау үшін кейбір газ турбиналарымен бірге қолданылады. Бұл жүйелер компьютерлендірілген және отын шығыны, жану температурасы, қоршаған орта қысымы/температура және т. б. сияқты бірқатар ауыспалы процестерді есепке алуға негізделген. Содан кейін параметрлер атмосфераға шығарындылар мен жаппай шығарындылардағы ластағыш заттардың тиісті концентрациясын алу үшін әр қондырғыға тән алгоритммен өңделеді. Жүйелер, әдетте, жылына бір рет үзіліссіз бақылау арқылы калибрленеді және жоғарыда айтылғандай, өте дәл болады. Сондай-ақ, сатылымда кейбір пакеттері бар «жеке» бағдарламалық жасақтама пакеттері бар.

Отын талдауы  $\text{SO}_2$  немесе  $\text{CO}_2$  сияқты қосылыстардың шығарындыларын және егер отын шығыны өлшенсе, материалдық тепе-теңдік негізінде металдар мен басқа ластағыш заттар сияқты элементтерді болжау үшін қолданыла алады. Отындағы күкірт және металдар сияқты кейбір элементтердің құрамы туралы мәліметтерді есептеу үшін пайдалануға болады.

#### **4.8. Су пайдалану және су объектілеріне төгінділер мониторингі 4.8.1. Су пайдалану көлемін бақылау**

ЖЭС-те су пайдалануды бақылау үшін мыналарды қамтамасыз етуі тиіс:

- алынатын судың (жер үсті, артезиан, су құбыры) көлемі туралы жүйелі деректер және олардың су ресурстарын алудың (құйып алудың) белгіленген лимитіне сәйкестігін бағалау;
- пайдаланылатын және қайтарылатын судың көлемі туралы жүйелі деректер;
- меншікті жерлердегі бастапқы сулардың құрамы мен қасиеттерін бағалау;
- сарқынды суларды қабылдайтын су объектілерінің су қабылдағыштары, фондық және бақылау жармалары;

сарқынды сулардың құрамы мен қасиеттерін және олардың ҚҚС және су бұру шарттарының белгіленген нормативтеріне сәйкестігін бағалау;  
белгіленген нысандар бойынша ЖЭС есептілігін қалыптастыру үшін бастапқы деректер

ЖЭС-те су пайдалануды бақылау Қазақстан Республикасының Су кодексінің талаптарына сәйкес ұйымдастырылады.

Су шығыстарын өлшеу әрбір су тартудағы және сарқынды суларды шығарудағы есепке алу пункттерінде, сондай-ақ айналымдық сумен жабдықтау жүйелерінде және басқа ұйымдарға су беру нүктелерінде жүргізіледі.

Су өлшеу аспаптары мен құрылғыларын таңдау олардың мақсатына, өлшенетін су шығындарының мөлшеріне, су тарту және су төгу құрылыстарының өнімділігіне байланысты анықталады. Су өлшеу аспаптары өлшеу құралдарының мемлекеттік тізіліміне енгізілуі тиіс.

Негізінен, табиғи көздерден немесе сарқынды суларды бұратын бөгде ұйымдардан алынатын судың көлемі су есептегіштерінің көмегімен үздіксіз өлшенеді. Тікелей тікелей ағынды салқындату жүйелері, айналымдағы салқындату және гидрокүл жою жүйелеріндегі айналымдық су пайдаланатын су көлемі ғана өлшенбейді. Бұл көлемдер сағатына ондаған және жүздеген мың текше метрді құрайды, әдетте ашық арналар арқылы тасымалданады, бұл оларды өлшеуді қажетті өлшеу дәлдігін қамтамасыз етуде де, өлшеу құралдарының құны тұрғысынан да проблемалы етеді. Сондықтан өлшеу құралдарын орнатудың техникалық мүмкіндігі болмаған жағдайда уәкілетті аумақтық органмен келісім бойынша алынған судың (ағызылатын сарқынды сулардың) көлемі техникалық құралдардың (сорғы жабдығының) жұмыс уақыты мен өнімділігі, су тұтыну (су бұру) нормалары негізге алына отырып немесе басқа әдістердің көмегімен айқындалады.

#### **4.8.2. Сарқынды сулар сапасын бақылау**

Су объектісіне немесе бөгде ұйымдарға (оның ішінде орталықтандырылған су бұру жүйелеріне) ағызылатын сарқынды суларды бақылау олардың саны мен сапасы туралы дұрыс ақпаратты қамтамасыз етуге тиіс.

ЖЭС-те сарқынды суларды қайта пайдалану кезінде оларды бақылау көлемі энергия кәсіпорындарының ішкі нұсқаулықтарымен айқындалады.

Қоршаған ортаға немесе орталықтандырылған су бұру жүйелеріне тазалаусыз немесе тазалаудан кейін шығарылуы мүмкін ЖЭС өндірістік сарқынды суларының сипаты, ластану көзі және сапалық құрамы бойынша мынадай түрлерге бөлінеді:

негізгі және қосалқы технологиялық жабдықты (конденсаторларды, газ салқындатқыштарды, турбиналардың май салқындатқыштарын, тартқыш үрлеу машиналарын, сорғыларды және т. б.) тікелей ағынды және айналымдағы салқындату жүйелерінің сарқынды сулары;

су дайындау қондырғыларының сарқынды сулары;  
құрамында мұнай өнімдері бар сарқынды сулар (сұйық отын шаруашылықтарынан, май шаруашылықтарынан, мұнай өнімдері сақталатын немесе қолданылатын өндірістік үй-жайлардың дренаждық сулары);  
гидроқұлді жою жүйесінің сарқынды сулары;  
өндірістік алаң аумағынан жер үсті ағыны (ғимараттар мен құрылыстардың шатырлары, асфальтбетон жабындары және қара жолдар),  
жерасты құрылыстарының, жерасты суларының деңгейін төмендету жүйелерінің дренаждық сулары,  
қатты отынмен жұмыс істейтін ЖЭС-тегі отын беру және шаңды басу жүйелерінің сарқынды сулары;  
жабдықты консервациялаудан және химиялық тазартудан түскен сарқынды сулар;  
регенеративті ауа жылытқыштардың (РАЖ) және сұйық отынмен жұмыс істейтін қазандықтардың конвективті қыздыру беттерінің (КҚБ) жуу сулары.

Табиғи немесе жасанды су объектілеріне, жер бедеріне, жер қойнауына ағызылатын сарқынды сулар үшін ластағыш заттардың жол берілетін төгінділерінің (ШРТ) нормативтері есептеледі. ШРТ нормативтері сарқынды суларды әрбір шығару үшін белгіленеді. Оператор үшін жол берілетін төгінділер нормативтері жекелеген қолданыстағы, жобаланатын және қайта жаңартылатын ластану көздері үшін жол берілетін төгінділер мәндерінің жиынтығында белгіленеді.

Рұқсат етілген ағызу нормативінің шамалары судағы ластағыш заттардың базалық антропогендік фондық шоғырлануын ескере отырып, бақылау тұстамасындағы су сапасының тиісті экологиялық нормативтерінің сақталуы қамтамасыз етілетін деңгейлерде айқындалады.

Егер бір су тастауда әртүрлі технологиялық схемалардың сарқынды сулары араласса, онда барлық құрауыштарды ескере отырып, жалпы (біріктірілген) ағынның көрсеткіштері нормаланады.

Сарқынды сулардың сынамаларын алу белгіленген қағидаларға сәйкес жүзеге асырылады. Әдетте, индикаторларды анықтау ЖЭС химиялық зертханаларының күшімен жүзеге асырылады. Су объектісіне микроорганизмдерді жол берілетін төгінді нормативіне кіретін микробиологиялық көрсеткіштер бойынша бақылаудың қажетті көлемін, әдетте, Қазақстан Республикасының Денсаулық сақтау министрлігінің зертханалары орындайды.

Бақылау Тізілімге енгізілген, талаптарға сәйкес аттестатталған және мемлекеттік экологиялық бақылау мақсаттары үшін жіберілген өлшеу әдістемелеріне сәйкес жүргізіледі.

### **Салқындату жүйелерінің сарқынды сулары**

Салқындату жүйелерінің төгінді сулары өз құрамы бойынша «тазартусыз нормативтік таза» су санатына жатады және қандай да бір тазартуға ұшырамайды. ЖЭС салқындату

жүйелері ағындарының көлемі, құрамы және қасиеттері техникалық сумен жабдықтау жүйесінің типімен анықталады: тікелей ағынды, салқындатқыш тоғаны бар айналым, буландырғыш градирнялары бар айналымды су, орнатылған жабдықтың түрі мен қуаты. Тікелей төгінді және салқындатқыш тоғаны бар айналымды салқындату жүйелерінің төгінді суларында сарқынды сулардың ластануы болмайды, өйткені мұндай жүйелер үшін химиялық реагенттер қолданылмайды. Сонымен қатар, қайтарылатын сулар бастапқы температурамен салыстырғанда жоғары температурада болады. Сонымен қатар, маймен толтырылған жабдықты салқындату кезінде сарқынды сулар мұнай өнімдерімен ластануы мүмкін. Осыған байланысты, тікелей ағынды салқындату жүйелерінің және салқындатқыш тоғаны бар айналымды салқындату жүйелерінің бастапқы және сарқынды суларында мұнай өнімдерінің температурасы мен құрамын үнемі бақылау қажет.

Айналымдағы су салқындату жүйелерінде айналымдағы судың бір бөлігі үнемі буланып кетеді, нәтижесінде оның құрамындағы тұздар, суспензиялар мен еріген заттар шоғырланады. Бұл жағдайда жылу алмасу беттерінде тұз бен механикалық шөгінділердің түсу қаупі бар, судың коррозиялық белсенділігі артады. Сонымен қатар, мұндай жүйелерде микро және макроорганизмдердің дамуы үшін қолайлы жағдайлар жасалады. Осы жағымсыз құбылыстардың алдын алу үшін циркуляциялық судың бір бөлігін үнемі ауыстырып отыру (тамақтандыру және үрлеу) жүзеге асырылады және жиі әртүрлі мақсаттағы химиялық реагенттермен: рН, биоцидтер, коррозия ингибиторлары, тұз және механикалық шөгінділерді реттеу үшін қышқылдармен немесе әкпен циркуляциялық суды түзету жүзеге асырылады.

Айналымдағы су салқындату жүйелерінің қоректендіру және үрлеу суларының бақыланатын көрсеткіштерінің тізбесі қолданылатын реагенттермен анықталады. Сонымен қатар, қалқыма заттар, рН, мұнай өнімдері бақыланады.

### **Су дайындау қондырғыларының сарқынды сулары**

Қазандықтарды, жылу желілерін, станция ішіндегі және өндірістік конденсаттарды тазалауға арналған қондырғыларды, блоктық тұзсыздандыратын қондырғыларды толықтыру үшін суды дайындауға қызмет ететін әртүрлі су дайындау қондырғыларының сарқынды сулары бейтарап тұздардың сұйылтылған ерітінділері болып табылады. ЖЭС-те қолданылатын суды дайындаудың барлық әдістері бастапқы судан суспензиялар мен тұздардың бөлінуіне негізделген, бұл оның 2 ағынға бөлінуіне әкеледі: таза тұзсыздандырылған су және ағынды су, онда бастапқы суда әр түрлі реагенттер қосылған заттар шоғырланған. Олардың сапалық құрамы өңделген судың (немесе конденсаттың) және қолданылатын реагенттердің сапасына байланысты. СДҚ ағындарын екі негізгі түрге бөлуге болады:

алдын ала тазартқыштардың сарқынды суларында (тазартқыштар, механикалық сүзгілер) шламдар мен механикалық қоспалар болады. Ағынды сулардың көлемі

бастапқы судың құрамына, алдын-ала тазарту схемасына және қолданылатын реагенттерге, орнатылған жабдыққа байланысты:

СДҚ-ның ионитті бөлігінің, буландырғыш, мембраналық қондырғылардың сарқынды сулары, олардың құрамында өңделетін су қоспалары мен пайдаланылған регенерациялық ерітінділер бар. Сарқынды сулардың көлемі СДҚ-ның өнімділігіне, қолданылатын технологияға (иондық алмасу, мембраналық немесе термиялық әдістер), сарқынды суларды қайта пайдалану дәрежесіне байланысты болады.

#### **Гидроқұлді жою жүйелерінің сарқынды сулары**

ГКШ жүйесінің төгінді суларының химиялық құрамы ЖЭС-те жағылатын қатты отынның түрімен, күл тұту және күл шығару тәсілімен, пайдалану уақытымен және ГКШ айналым жүйесінің тұйықталу дәрежесімен анықталады. Бұл сулардың жалпы минералдануы негізінен кальций иондары, сульфат, бикарбонат иондары, ал сілтілі отынды жағатын ЖЭС үшін гидроксид иондары болып табылады.

#### **4.8.3. Жерасты суларына әсер етуді бақылау**

ЖЭС-тің жекелеген құрылыстары мен технологиялық участкілері, мысалы, көмірді, күл-қож материалдарын және басқа да қалдықтарды қоймалау аумақтарынан ластанған жер үсті ағынын сүзу арқылы, құбырлар мен су сыйымдылықтарынан, мазуттан, химиялық реагенттерден, майлардан ағу арқылы, жерасты суларының табиғи ағындарына кедергілер жасау, жер беті арқылы су алмасу арқылы, бұл жерасты сулары режимінің (деңгейінің, температурасының) және сапасының өзгеруіне әкелуі мүмкін, жер мен құрылыстарды су басуына алып келу, карст құбылыстарының дамуына ықпал ету, топырақтың көтергіш қабілетіне, ғимараттар мен құрылыстардың деформациясы мен бұзылуына әсер ету арқылы жерасты суларының жай-күйіне ықтимал әсер етуі мүмкін.

Жерасты суларына әсер етуді өндірістік бақылаудың мақсаттары кешенді болып табылады және өндірістік құрылыстар мен технологиялық процестердің жерасты суларына теріс әсерін уақтылы анықтауды ғана емес, сондай-ақ табиғи процестердің ғимараттардың, құрылыстар мен коммуникациялардың жай-күйіне кері әсерін де, сондай-ақ осындай өзара әсер етудің алдын алу жөніндегі шараларды әзірлеуді көздейді.

Жылу электр станцияларындағы жерасты суларының режимін бақылау міндеттері: жерасты суларының табиғи режимін қалыптастыру жағдайларын анықтау (құрылыстар жасалғанға дейін), құрылыс кезеңінде су төмендету жұмыстары ауданындағы гидрогеологиялық жағдайларды нақтылау; уақыт өте келе жерасты сулары деңгейінің, температурасының және химиялық құрамының динамикасын бақылау; сулы горизонттардың бір-бірімен және жер үсті суларымен өзара әсері мен өзара байланысын анықтау;



жылу электр станциялары ғимараттарының, құрылыстарының және жерасты суларының өзара әсер ету сипаты мен серпінін бағалау, оның ішінде: топырақты суландыру және аумақты су басу ауқымы мен себептері; жерасты суларының бетон және металл конструкцияларға агрессивтілігі; электр станцияларын пайдаланудың әсерінен жерасты суларының ластануы;

жерасты су коммуникациялары ғимараттарын, құрылыстарын және технологиялық жабдықтарды техникалық қызмет көрсетуді және жөндеуді ұйымдастыру үшін жерасты сулары режимін бақылау нәтижелерін пайдалану бойынша ұсынымдар әзірлеу.

Осы міндеттерді шешу үшін ЖЭС-те жерасты сулары режимін мерзімді бақылау (режимдік бақылау) жүзеге асырылады.

Режимдік бақылаулар жылу электр станциясын салу басталғанға дейін де ұйымдастырылады және оны салу және пайдалану процесінде жалғасады.

ЖЭС өндірістік алаңында режимдік бақылаулар жүргізу үшін бақылау ұңғымаларының желісі құрылады. Стационарлық желінің ұңғымалары геологиялық құрылымын, гидрогеологиялық жағдайларын және жылу электр станциялары аумағының көлемін, сондай-ақ ғимараттар мен құрылыстардың мақсаты мен жинақталуын ескере отырып жобаланады. Ұңғымаларды орналастыру және олардың санын анықтау кезінде мыналар ескеріледі:

жерасты суларының қалыптасу жағдайларын анықтау үшін ұңғымалардың бір бөлігі оларды толықтыру және дренаждау (босату) облыстарында, оның ішінде өндірістік сулардың ағуы мүмкін жерлерде (градирнялар, сұйық қалдықтар жинағыштар, сорғы станциялары, мазут қоймалары, бас корпус, су дайындау ғимараттары және т.б.) орналасуы тиіс. Ұңғымалар осы объектілердің айналасына орнатылады;

егер жерасты суларын толықтыру көздері ЖЭС аумағынан тыс болса, онда ұңғымалардың бір бөлігі соңғысының аумақтың гидрогеологиялық және гидрохимиялық жағдайларына әсерін бағалау үшін электр станциясы объектілері мен осы көздер арасында орналастырылады;

бақылау ұңғымалары екі немесе үш сулы горизонтқа орнатылады. Ұңғымалардың ең көп саны жер бетінен бірінші сулы горизонтта жабдықталады, оның жерасты сулары ғимараттар мен құрылыстардың жерасты бөліктеріне тікелей әсер етеді (су басу, агрессивті әсер ету) және ЖЭС объектілерінің әсеріне өздері ұшырайды (ластану, деңгейлер мен температураның жоғарылауы).

Екінші және үшінші су тұтқыш жиектерге ұңғымалар ЖЭС объектілерімен және су тұтқыш жиектің бетінен бірінші жерасты суларымен (су басу, құрғату әсері, ластану) салу және пайдалану кезеңінде олардың өзара әсерін бағалау үшін орнатылады.

Төменгі горизонттарға ұңғымаларды орнату, егер осы деңгейжиектердің жерасты сулары шаруашылық-ауыз сумен жабдықтау көзі болса, міндетті болып табылады.

Өнеркәсіптік алаңдардағы бақылау ұнғымаларының саны жоғарыда келтірілген талаптарды, сондай-ақ жергілікті технологиялық жағдайларды ескере отырып анықталады.

Жерасты суларының режимін бақылау судың деңгейін, температурасын және химиялық құрамын бақылауды қамтиды.

Температураны өлшеу жерасты суларының деңгейін өлшеумен бір мезгілде жылына кемінде 4 рет (маусым бойынша) орындалады. Кейбір жағдайларда температураны жиі өлшеу жүргізіледі, мысалы, өндірістік сулардың ағып кетуінен туындаған жерасты суларының деңгейі кенеттен көтерілген кезде. Мұндай жағдайларда жерасты суларының температурасын бақылау ағып кету көзін анықтауға көмектеседі.

Бақылау ұнғымалары бойынша жерасты суларының химиялық құрамын бақылау жерасты суларының ғимараттар мен құрылыстардың жерасты бөліктеріне әсерін (бетон және металл конструкцияларына агрессиялықты) және негіз топырақтарының физикалық-механикалық қасиеттерін өзгертуді, сондай-ақ ЖЭС жерасты су тұтқыш жиектердің жағдайына әсерін анықтау мақсатында жүргізіледі. Ірі қалдықтар жинағыштарында және жерасты суларын ластаудың басқа да ықтимал көздерінде (күл-қож үйінділерінде, шлам үйінділерінде, химиялық реагенттер қоймаларында, мазут қоймаларында және т.б.) жылына 2 рет кезеңділікпен химиялық-талдамалық бақылау жүргізіледі. Бақылау үшін келесі көрсеткіштер қолданылады: май толтырылған жабдықтарды, май шаруашылықтарын, мазут шаруашылықтарын орналастыру орындарында-мұнай өнімдерінің шоғырлануы; көмір қоймаларына жақын - рН, сульфаттардың концентрациясы; күл-қож үйінділерінің, шлам үйінділерінің жанында-рН, сульфаттардың концентрациясы; химиялық реагенттерді сақтау қоймаларының жанында - қоймаларда сақталатын реагенттердің концентрациясы.

#### **4.9. Жердің/топырақтың ластануын бақылау және қалдықтарды басқару әдістері. 4.9.1.**

##### **Қалдықтарды басқару техникалары**

Қалдықтарды басқару саласындағы мемлекеттік экологиялық саясат мынадай арнайы қағидаттарға негізделеді:

- 1) иерархиялар;
- 2) көзге жақын;
- 3) қалдықтарды түзушінің жауапкершілігі;
- 4) өндірушілердің (импорттаушылардың) кеңейтілген міндеттемелері негізінде жүзеге асырылады.

Қалдықтарды түзушілер мен олардың иелері қоршаған ортаны қорғау және Қазақстан Республикасының орнықты дамуын қамтамасыз ету мүддесінде қалдықтардың пайда болуының алдын алу және түзілген қалдықтарды олардың басымдылығының кему тәртібімен басқару жөніндегі шаралардың мынадай сатысын қолдануға тиіс:

- 1) қалдықтардың пайда болуының алдын алу;
- 2) қалдықтарды қайта пайдалануға дайындау;
- 3) қалдықтарды қайта өңдеу;
- 4) қалдықтарды кәдеге жарату;
- 5) қалдықтарды жою.

Осы мақсатта бірнеше технологияларды қолдануға болады, яғни қайта пайдалануға арналған катализаторларды дайындау (мысалы, катализатордың механикалық күйіне және  $\text{NO}_x$  және  $\text{NH}_3$  шығарындыларына байланысты талап етілетін сипаттамаларға байланысты ЕАВ катализаторы үшін төрт есеге дейін), отын қоспасындағы қалдықтарды пайдалану арқылы энергия алу (мысалы, көміртекпен байытылған күл мен шлам), құрылыс секторында қайта пайдалануға арналған жанама өнім ретінде ылғалды күкірттен тазарту гипсін алу.

Көмірде отын жағатын қондырғылармен түзілетін **қалдықтардың негізгі түрі** - қазанның төменгі бөлігінен қатты немесе сұйық тәсілмен шығарылатын күл мен қож болып табылады.

Жағудың жанама өнімі ретінде түзілетін қождың (немесе жағу күлінің) сапасын оңтайландыру құрғақ күлсіздендіру және күйдіру арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Әдістің мәні отынның жанбаған бөліктері қазандықтан конвейерлік таспаға (құрғақ күлсіздендіру), қазандықтың төменгі бөлігінен шығады және қазандыққа қайта жіберіледі, онда олар қайта жағылады (күйдіріледі). Қазандықта ішінара разрядтың басым болуына байланысты пайда болған түтін газдары түтін құбырына шығарылады. Құрғақ күлден тазарту сарқынды суларды бөлек тазарту қондырғысын қажет етпейді (НРК азайту) және көміртегі мөлшерін азайту арқылы күлдің құнын арттырады. Жану сонымен қатар күлдегі судың мөлшерін азайтады.

Күлді салқындату үшін пайдаланылатын ауа қазандыққа қайта келіп, айтарлықтай энергияны қайтарады және қазандықтың тиімділігін арттырады.

Қол жеткізілген экологиялық артықшылықтар қалдықтардың пайда болуын азайту, қазандықтың тиімділігін арттыру, жану процесінің нәтижесінде минималды қосымша шығарындылар, отын шығынын азайту, күл сапасын жақсарту болып табылады.

Қазандықтың тиімділігі дәстүрлі гидравликалық қожды жою әдісімен салыстырғанда қарапайым көмір үшін 0,1 %-ға, ал төмен сұрыпты көмір үшін 0,2 %-ға артады.

Күйдіру қатты отынды жағатын, қатты қожды кетіретін қазандықтар үшін қолданылады.

Еуропадағы қондырғылардың бірінің мысалында: күрделі шығындар-шамамен 4,5 млн еуро және операциялық шығыстар жылына шамамен 170 000 Еуро (2010 жылғы баға деңгейлері).

#### **4.9.2. Жердің/топырақтың ластануын бақылау әдістері**

Топырақ пен жерасты суларының ластануы көбінесе күл-қож қалдықтарын күл үйінділерінде және мұнай өнімдерін сақтау қоймаларында орналастырумен байланысты. Топырақтың/жерасты суларының ластануын болғызбау немесе бақылау жөніндегі шаралар мерзімді бақылау негізінде өндірістік экологиялық бақылау жүйесіне енгізіледі.

Топырақты бақылау бөлігінде нормативтік талаптар болмаған жағдайда, әртүрлі ЖЭС-тегі мұндай бақылау көлемі айтарлықтай ерекшеленеді. Кейбір ЖЭС топырақтың жай-күйін бақылауды жүзеге асырмайды. Егер бақылау жүзеге асырылса, онда ол СҚА шекарасында және шлам үйінділерінің әсер ету аймақтарында орындалады.

Төменде ЖЭС-те нақты жүзеге асырылатын топырақты бақылау көлемі туралы жинақталған мәліметтер келтірілген:

1) өнеркәсіптік алаңның СҚА шекарасында:

газ станциялары: сынамаларды іріктеудің 2-3 нүктесі, бақылау кезеңділігі - жылына 1-2 рет, көрсеткіштері: хлоридтердің, мұнай өнімдерінің, мырыштың, мыстың, нитраттардың, фосфаттардың, темірдің болуы;

көмір станциялары: сынамаларды іріктеудің 2-4 нүктесі, бақылау кезеңділігі - жылына 2-4 рет, көрсеткіштері: сульфаттар, хлоридтер, мұнай өнімдері, мыс, қорғасын, мырыш, никель, кобальт, кадмий, темір, марганец, хром, ванадий, нитраттар, фосфаттар, рН құрамы;

2) шлам үйінділерінің әсер ету аймағында:

газ станцияларында шлам үйінділерінің, қалдықтардың жинақталу объектілерінің әсер ету аймағында: сынамаларды іріктеудің 2-3 нүктесі, бақылау кезеңділігі - жылына 1-9 рет, көрсеткіштер: хлоридтердің, мұнай өнімдерінің, мырыштың, мыстың, нитраттардың, фосфаттардың, темірдің болуы;

көмір станцияларының күл-қож үйінділерінің әсер ету аймағында: сынамаларды іріктеудің 2-4 нүктесі, бақылау кезеңділігі-жылына 4 рет, көрсеткіштер: құрамында сульфаттар, хлоридтер бар, мұнай өнімдері, мыс, қорғасын, мырыш, никель, кобальт, темір, марганец, хром, ванадий, нитраттар, фосфаттар, рН.

Бақылауды тараптық зертханалар да, ЖЭС-тің меншікті зертханалары да жүзеге асырады.

Кейбір ЖЭС аспаптық бақылаудан басқа табиғат қорғау және жер заңнамасы талаптарының сақталуын, оның ішінде бүлінген жерлерді қалпына келтіру, көзбен шолып бақылануы мүмкін топырақ өзгерістерінің теріс процестерінің: эрозияның, су басудың, батпақтанудың, қоқыстанудың, Мұнай және мұнай өнімдерімен ластанудың алдын алу бөлігінде бақылау мақсатында мерзімді көзбен шолып бақылау әдісі ( өнеркәсіп алаңдары мен СҚА аумақтарын аралау) қолданылады.

Топырақты өндірістік экологиялық бақылаудың орындылығы мен тиімділігін бағалай отырып, мыналарды атап өтуге болады:

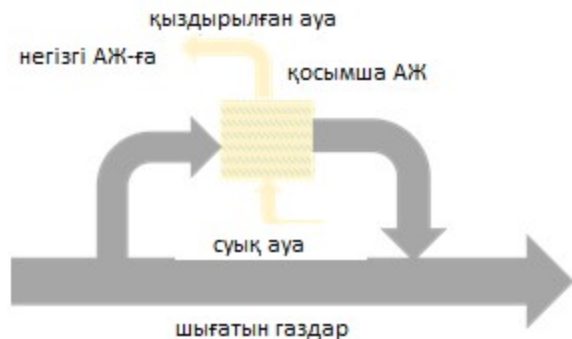
газ ЖЭС СҚА шекараларындағы топырақтың сапалық көрсеткіштерін бақылау орынсыз және толық көлемде артық. Газ ЖЭС ұйымдастырылған көздерінен атмосфераға шығарындылар топырақтың ластануына әкеп соқтырмайды, газ ЖЭС шығарындыларының ұйымдастырылмаған маңызды көздері жоқ;

газ ЖЭС-де топырақтың сапасына айтарлықтай әсер етуі мүмкін шлам үйінділері жоқ. Газ ЖЭС-тің ең көп шығатын қалдықтары: су дайындау қондырғыларының шламдары, РАЖ жуу шламдары, мазут бактарын тазарту, пайдаланылған майлар су қабаты Астында ылғалды күйде гидроокшауланған жинақтағыштарда немесе жабық ыдыстарда жиналады және топырақты ластанмайды. Газ ЖЭС шлам үйінділерінің әсер ету аймақтарындағы топырақты бақылау орынсыз;

көмір ЖЭС-нен атмосфераға қатты отын күлінің, күкірт оксидтерінің шығарындылары өте жоғары ыстық көздер (180-320 м) арқылы жүзеге асырылады, сондықтан шығарындылардың жауын-шашын аймақтары кем дегенде ондаған километрді құрайды. Күлдің ең көп түсуі түтін мұржаларының 10-20 биіктігінде болады, яғни СҚА шекарасынан шығып кетеді (шамамен 1000 м). Осыған байланысты, көмір ЖЭС СҚА шекараларындағы топырақ сапасын өлшеу нәтижесіз, олардың шығарындыларының топырақ құрамына әсер ету деңгейін көрсете алмайды;

көмір ЖЭС-інде топырақты ластанудың ықтимал көздерінің екі түрі бар, олар көмір қоймаларын және күл-қож үйінділерін қоса алғанда, отын беру құрылыстары болып табылады. Бұл көмір мен оның күлінің қатты бөлшектері шығарындыларының төменгі суық ұйымдастырылмаған көздері. Олардың шығарындыларын аспаптық бақылау іс жүзінде мүмкін емес, сондықтан бұл құрылымдар үшін олардың топырақтың сапалық құрамына әсерін өндірістік бақылау жүргізген жөн. Бақылау көлемі бөлігінде жылына 1 рет топырақтағы пайдаланылатын көмір мен олардың күліне тән 2-3-тен аспайтын заттардың құрамын өлшеу жеткілікті. Көмір мен олардың күл құрамының, сондай-ақ топырақтың әртүрлілігіне байланысты көрсеткіштердің бірыңғай тізбесін белгілеу мүмкін емес. Бұл көрсеткіштер көмірдегі немесе күлдегі және топырақтағы бақыланатын заттың максималды айырмашылығына сүйене отырып таңдалуы керек, зат мемлекет бақылайтын сілтемелердің тізіміне енгізілуі керек.

**4.10. ҚЭР (қайталама энергетикалық ресурстарды) кәдеге жарату техникалары және энергия тиімділігін арттырудың басқа да техникалары. Кәсіпорынның энергия сыйымдылығын бағалау**



4.46-сурет. Шығатын газдарға қосымша ауа жылытқышты орнату схемасы

ҚЭР - бұл технологиялық қондырғыларда пайда болатын өнімдердің, қалдықтардың, жанама және аралық өнімдердің энергетикалық әлеуеті, оны пилі кәсіпорнының өзінде және одан тыс жерлерде басқа тұтынушыларды электрмен жабдықтау үшін ішінара немесе толық пайдалануға болады. ҚЭР төмендегілерге бөлінеді:

отын ретінде пайдаланылуы мүмкін жанғыш, қалдықтар немесе жанама өнімдер; жылу, физикалық жылуы жылу тасымалдағыш ретінде пайдаланылуы мүмкін (технологиялық пештердің түтін газдары, пайдаланылған бу, ыстық ауа және т. б.); механикалық, сығылған газдардың энергиясы, айналмалы шыбынның инерциясы, биіктік айырмашылығына байланысты судың қысымы, көтерілген жүктің потенциалдық энергиясы және т.б.

ҚЭР ретінде тұйық айналым циклындағы суды пайдалануға болады.

Отынды жағу қондырғыларында қосымша экономайзерді, қосымша ауа жылытқышты және шикі су жылытқышты орнату есебінен шығатын газдардың жылуын кәдеге жаратуға болады.

ҚА типіндегі шығатын газдардың температурасына байланысты қосымша АЖҚ шығатын газдардың температурасын 30-35 градусқа төмендетуі мүмкін, бұл отын шығынын және тиісінше ластағыш заттардың шығарылуын қысқартады. БҚЗ-160-100Ф үшін шығатын газдардың температурасы 175 °С, қосымша АЖҚ температураны 140 °С дейін төмендетеді, қосымша АЖҚ қуаты шамамен 1,8 Гкал/сағ, бұл 3446 тонна отын үнемдеуге мүмкіндік береді және күл шығарындыларын 36,9 тоннаға, күкірт тотықтарын 50,3 тоннаға, азот оксидтерін 26,5 тоннаға, парниктік газдарды 4695 тоннаға азайтады, сондай-ақ КҚҚ жинауды 1410 тоннаға азайтады.

Қыздырылатын орта дәрежесінде температурасы 5 °С шикі су пайдаланылатын қосымша газ-су жылу алмастырғыштың қуаты осындай 1,8 Гкал/с болған кезде, суды ХСТ 30 °С үшін қажетті деңгейге дейін қыздыру үшін қосымша ЖСҚ 60 т/с көп емес су өткізуі тиіс. 4.51-суретте сыртқы жылу алмастырғыштың схемасы келтірілген, онда толықтырушы суды, қазандықтарды толтыруға арналған тұзсыздандырылған суды және т. б. жылытуға болады.



Отын құрамындағы ылғалды қыздыруға және булануға және пайда болған су буларын қатты қыздыруға жылудың белгілі бір мөлшері жұмсалады, бұл жану температурасының төмендеуіне әкеледі.

Қазақстанның энергетикасында қазіргі уақытта Екібастұз, Бөрілі, Қаражыра тас көмірі және Майкөбе қоңыр көмірі пайдаланылады. Бұл ретте, Қазақстан энергетикасының негізгі көмірі - Екібастұз және Бөрілі көмірі төмен сұрыпты: күлі жоғары, реакциясы төмен, абразивті күлі бар тас көмір болып табылатынын атап өткен жөн. Көмірдің бұл қасиеттері оларды жағу кезінде біршама проблемалар тудырады. Осылайша, көмірдің күлдің жоғары болуы және төмен реактивтілігі қазандықта көмірді жағу тиімділігінің төмендеуіне алып келеді. Сондай-ақ, көмірдің төмен реактивтілігі азот оксидтерінің эмиссиясын төмендету бойынша отішілік әдістерді қолдану тиімділігінің төмендеуіне алып келеді. Екібастұз көмір күлінің жоғары абразивтілігі қазандықтың конвективті шахтасындағы газдарды азайту қажеттілігіне және сәйкесінше осындай қазандықтардың өлшемдері мен металл сыйымдылығының өсуіне және т. б. әкеледі.

5.1-кестеде отын ретінде көмір пайдаланатын Қазақстанның бу турбиналық жылу электр станцияларының қазандық агрегаттарының құрылымы көрсетілген. Бұл ретте қазандық агрегаттары ЖЭС (КЭС немесе ЖЭО) типі бойынша және олар өндіретін бу (қысым) параметрлері бойынша кіші топтарға бөлінген. Сондай-ақ будың әртүрлі параметрлері үшін қазандық агрегаттарының саны (БТҚ-бу турбиналық қондырғылары) бойынша деректер келтіріледі.

5.1-кесте. 01.01.2019 ж. бойынша көміртозаңды жағатын Қазақстан Республикасының бу турбиналық көмір ЖЭС генерациялайтын қуаттарының құрылымы

Р/с №	Станция түрі және қазандық агрегаттарының параметрлері	Қазандық агрегаттарының саны	Белгіленген қуаты, МВт <sub>эл</sub>
1	2	3	4
1	КЭС, барлығы	42	6893
2	БТҚ 24 МПа	26	6150
3	БТҚ 9 МПа	16	743
4	ЖЭО, барлығы	166	5594
5	БТҚ 13 МПа	45	3253
6	БТҚ 9 МПа	71	2109
7	БТҚ 4 МПа	50	232

Оттықта көмірді жағу кезінде бөлінетін жылу қазандықтың бу-су жолы бойынша жұмыс ортасын (суды) қыздыру үшін пайдаланылады. Алынған бу бу турбинасына түседі, ол өз кезегінде электр энергиясын өндіретін турбогенераторды айналдырады.

Қазандықтың оттығында көмірді толық жағу технологиясынан басқа (электр энергиясын өндірудің бу турбиналық технологиясы) көмірді пайдалану арқылы электр энергиясын өндірудің бу-газ технологиясы да дамып келеді. Технология CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> және басқа да көмірсутектері бар жанғыш газ (синтез-газ) түзе отырып, қысыммен



газдандырғышта (қабатты газдандырғыш, қайнаған қабаты бар газдандырғыш, спутникті ағында және т.б.) көмірді (ауа, бу-ауа, бу-оттегі) газдандырудан тұрады. Тазартудан кейін синтез-газ газ турбинасының жану камераларына, айналмалы турбогенераторға (газ турбиналық циклде электр энергиясын өндіру) беріледі, газ турбинасынан кейін төгінді газдар (температурасы 400-600 °С) бу қазан-кәдеге жаратқышқа түседі. Кәдеге жарату қазандығында пайда болған бу турбогенераторға қосылған бу турбинасына беріледі (бу турбиналық циклінде электр энергиясын өндіру). Отынның жылу энергиясын мұндай екі сатылы пайдалану оны пайдалану тиімділігінің артуына әкеледі.

Көмір станциясын жобалау кезінде көмірді жағу технологиясын таңдау станцияның қуатымен, отынның қол жетімділігімен, отынның сапасымен, оның жылу техникалық сипаттамаларымен, ластағыш заттар эмиссиясы жөніндегі талаптармен және т.б. айқындалады.

### 5.1.1. Қондырғының ерекшеліктері

Қазіргі заманғы жану техникасында көмірді жағудың мынадай үш негізгі қағидаты қолданылып, дамытылып отыр: ірі кесекті көмірді қабатты жағу, ұсақталған көмірді сұйытылған (қайнаған) қабатта жағу, ұсақталған көмірді көмірлі алауды жағу.

Сонымен қатар, осы қағидаттардың әрқайсысы өз кезегінде бірқатар сорттарға бөлінеді. Мысалы:

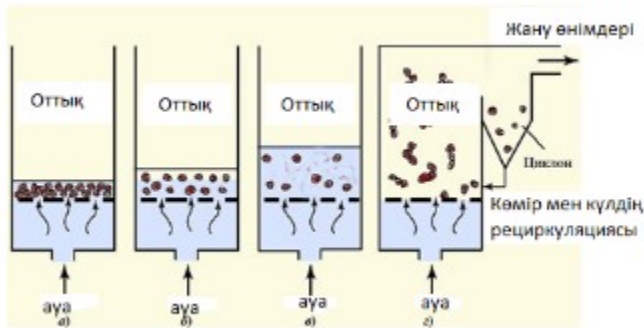
1. Ірі кесекті отынды желтартқыш торда тығыз қабатпен қабаттап жағу бір сатылы жағу - қабатты жағу, факелді-қабаттап жағу деп бөлінеді.
2. Камералық оттықта көміртозанды жағу факелдік, құйынды, циклонды деп бөлінеді.
3. Көпіршікті қайнаған қабатта (КҚК) псевдосұйылтылған қабатта жағу - КҚК, айналмалы қайнаған қабатта жағу - АҚК деп аталады.

Сондай-ақ, көміртозанды жағу және қайнаған қабатта жағу атмосфералық және жоғары қысым кезінде жүзеге асырылуы мүмкін.

Жағу қағидаттарының айырмашылығы - жағу процесінің негізін құрайтын екі фазалы ағынның аэродинамикасы мен механикасы. Көмірді жағудың көрсетілген әдістерін ұйымдастыру отынның гранулометриялық құрамымен және отынның ауырлық күші мен аэродинамикалық күштердің арақатынасымен байланысты.

5.1-суретте газ ағынының қатты фазамен өзара әрекеттесу схемасы берілген. Үрлеу торында қатты отын қабаты салынған, үрлеу торы арқылы ауа үрленеді. Отын бөлшектерінің мөлшері мен ауа жылдамдығы бөлшектердің ауырлық күші қабаттағы ауа қозғалысы кезінде пайда болатын аэродинамикалық күшке қарағанда үлкен болатындай етіп белгіленген кезде, ол торда қозғалмайды, онда тиісті температура жағдайында көмірді қабатты жағу - а) позициясы жүргізіледі.

Үрлеу жылдамдығы минималды псевдосұйылту жылдамдығы -  $U_{mf}$  деп аталатын деңгейге шамалы көтерілген кезде (бұл жағдайда барлық жеткізілетін ауа қабат арқылы үздіксіз ағын түрінде сүзіледі - үздіксіз фаза), біртекті псевдосұйылту режимі - б) позициясы орнайды.



5.1-сурет. Жағу техникасындағы көмірді жағудың негізгі технологиялық схемалары. Жылдамдықтың одан әрі жоғарылауымен қабатта әртекті псевдосұйылту пайда болады, ол қабат арқылы өтетін ауаның газ көпіршіктерінің пайда болуымен сипатталады - үзіліссіз фаза - в позициясы). Үзіліссіз фазада ауа мөлшері қабаттың біркелкі жалған сұйылту күйіне өтуі үшін қажет ауаның артық мөлшеріне тең. Бұл, былайша айтқанда, көпіршікті қайнаған қабат (КҚҚ).

Газ жылдамдығының одан әрі артуы екінші критикалық деп аталатын белгілі бір жылдамдықтан асып кетсе, бөлшектерді қабаттан шығару басталады. Бөлшектің ауырлық күші бір бөлшектің атпа ағынның аэродинамикалық әсерінің күшіне тең болатын осы жылдамдық қалықтау жылдамдығы -  $U_{вит}$  болып табылады. Газ ағынының жылдамдығының  $U_{вит}$  асып кетуі бөлшектердің қабаттан шығарылуына әкеледі, бұл қабат қысымының төмендеуіне әкеледі. Бұл жағдайда қайнаған қабаттың көрінетін жоғарғы шекарасы жоғалып, отын бөлшектері камераның бүкіл көлемінде қарқынды араластырылып жағылады. Қарастырылып отырған жүйеде екінші критикалықтан жоғары газ жылдамдығының жоғарылауымен қатты бөлшектердің пневмотасымалдау режимі пайда болады, онда аэродинамикалық күштер бөлшекке әсер ететін ауырлық күшінен әлдеқайда жоғары болады. От жағу техникасы үшін бұл аэродинамикалық режимдерді конструкциясы алуан түрлі факелдің көміртозаңды қазандықтары сипаттайды. Әрине, көмірді жағу біршама басқаша ұйымдастырылған, бірақ бұл жерде пештегі екі фазалы ағынның (қатты бөлшектер мен газ) тиісті аэродинамикасын ұйымдастыру туралы ғана айтылып отыр.

Оттықтан шыға берісте оттықтан шығатын газ ағынынан, жанбаған көмір бөлшектерінен және күл бөлшектерінен шығатын қандай да бір күлтұтқыш құрылғыны орнату және олардың оттыққа қайта жануға рециркуляциясын ұйымдастыру айналымдағы қайнаған қабатта (АҚҚ) көмірді жағу технологиясын, КҚҚ алуан түрін ұйымдастыруға әкеледі.

#### 5.1.1.1. Қабаттап жағу

Қалың қабаттап жағылған кезде желтартқыш торға белгілі бір қалыңдықтағы (биіктіктегі) қабаты салынған қатты отын тұтанады және үрленеді (әдетте, төменнен жоғары қарай). Негізгі жанатын бөлік - отын кесектері жанып жатқан қабатта болады. От жағу камерасының ішінде қабаттың үстінде оны қыздыру процесінде отыннан бөлінетін ұшпа заттар ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$  және т.б.) жанады, сондай-ақ қабаттан ауа ағынымен және жану өнімдерімен шығарылатын ұсақ бөлшектер жанады. Қабаттағы газ-ауа ағынының жылдамдығы оның тұрақтылық шегімен шектеледі. Ауа жылдамдығының (және, демек, түтін газдарының жылдамдығы) белгілі бір шектен асып кетуі қабаттың босатылуына әкеледі, өйткені кейбір жерлерде қабат арқылы өтетін ауа кратерлер түзеді. Қабатқа әрдайым полидисперсиялы отын жүктелетіндіктен, оттық ішінде толық жанып үлгермейтін көптеген ұсақ отын бөлшектері шығарылады, мұның өзі механикалық толық жанбауға байланысты жылу шығынын ұлғайтады. Қабаттан отытықтың ішіне шығарылатын ұсақ дисперсиялы көмір шаңы мен өнімдерді толық жағу үшін ( $H_2$ ,  $CO$ ) отын қабатының үстінен қосымша ауа беріледі.

Электр энергетикасында көмірді қабатты жағатын қазандықтар пайдаланылмайтынын атап өткен жөн, сондықтан бұл бөлімде қарастырылмайды.

#### 5.1.1.2. Алаулық (көміртозаңды) жағу

Қазақстанның барлық көмір ЖЭС көміртозаңды жағу технологиясын қолданады және камералық оттықтары бар қазандықтармен жабдықталған. Көміртозаңды отынды жағуға қажетті ауамен бірге жанарғы арқылы қазандықтың оттығына үрлеу - алаулық (камералық) жағу қағидатының негізі болып табылады. Бұл ретте барлық ауа (бастапқы және қайталама) оттыққа толығымен отын жанарғылары арқылы берілуі мүмкін, не отынсыз ауаның бір бөлігі оттыққа арнайы шүмектер (фурмалар) арқылы берілуі мүмкін, бұл ретте екі немесе үш сатылы жағу, сондай-ақ белгілі бір үрлеу-құйынды жағу ұйымдастырылған кезде жүзеге асырылады.

Берілетін ауа және көмірді жағу процесінде пайда болатын түтін газдары жанып жатқан отынның алауы арқылы қазандық оттығының ішімен көмір бөлшектерін тасымалдайды, бұл ретте бұл ретте оттықтың азуында отынның жану процесі аяқталуы тиіс. Алау ядросындағы температура  $1300-1500$  °C-қа жетеді. Отын жағу кеңістігінің реакциялық кеңістігінде (4 сек дейін) қысқа уақыт ішінде толық жануды қамтамасыз ету үшін қатты отын оттыққа түсер алдында алдын ала кептіріледі және шаң тәріздес күйге дейін ұсақталады.

Шаң дайындау сапасының көрсеткіштерінің бірі немесе энергетикадағы ұсақтау тереңдігі негізінен  $R_{90}$  тордағы қалдықпен сипатталады. Сонымен қатар, ұнтақтаудың қажетті тереңдігі көмірдің түріне байланысты анықталады. Ұнтақтаудың қажетті

ұсақтығын қамтамасыз ету тозаң дайындау жүйелері - диірмендерді тиісті іріктеумен қамтамасыз етіледі.

Қатты отын диірмен құрылғыларында ұсақталады және көміртозаңды жанарғылар арқылы жану камерасына үрленеді. Жанарғылардың конструкциясы өте алуан түрлі, өйткені көмірдің жылу техникалық сипаттамаларының өзгеру диапазоны өте үлкен. Дегенмен, іс жүзінде барлық тозаң-көмір жанарғыларында көмір шаңын кептіруге және жанарғыға тасымалдауға арналған ауаның белгілі бір бөлігі топқа (бастапқы ауа) түскенге дейін отынмен араластырылады, ал қалған бөлігі (қайталама ауа) жанарғыдан шыққаннан кейін, яғни оттық көлемінде аэроқоспамен араластырылады.

Көміртозаңды алаумен жағу кезінде оны қыздыру және термиялық ыдырау процесінде бөлінетін ұшпа заттар бастапқы ауаның оттегін пайдалана отырып, жанарғы алауында жағылады. Бұл ретте осы жағылған алау қатты бөлшектерді (кокс) тұтану температурасына дейін қыздырады, сондай-ақ оттықтағы алауды тұрақтандырады. Бастапқы ауа ұшпа заттардың жағылуын қамтамасыз етуі керек, сондықтан оның мөлшері ұшпа заттардың шығымымен анықталады. Кокс бөлшектерінің жануы негізінен қайталама ауаның оттегісіне байланысты болады.

Көміртозаңды күйдегі қатты отынды жағудың негізгі артқышылығы төмендегілер болып табылады:

қатты отынды жағудың жоғары ПӘК, оның ішінде төмен сұрыпты;

қазандықтың іс жүзінде шексіз қуаты;

жану процесін толық механикаландыру және автоматтандыру;

агрегаттың жоғары эксплуатациялық сенімділігі.

Көміртозаңды күйдегі отынды жағудың кемшіліктері:

көп мөлшердегі шаң дайындау жүйесінің жабдықтары;

қолданылатын шаң дайындау жүйесіне байланысты шаң дайындау электр энергиясының жоғары шығыны (25-35 кВт-сағ/т дейін);

төмен ( $0,1...0,3 \text{ МВт/м}^3$ ) оттықтағы жылу шығарудың көлемдік тығыздығы (отын концентрациясы  $20-30 \text{ г/м}^3$ ).

### **ЖЭС-та отынның шаңын дайындау**

Көміртозаңды қазандықтың оттығында тиімді дануы үшін қаты отынды ұсақтау майдалығы негізінен жағылатын отынның түріне, оның реакциялық қабілетіне байланысты. Ең төменгі реакциялы көмір - антрацит үшін  $R_{90} = 6-7 \%$ , арық көмір үшін  $R_{90} = 8-10 \%$  және тас көмір үшін  $R_{90} = 20-25 \%$ . қоңыр көмір үшін  $R_{90} = 55-60 \%$ . Екібастұздың тас көмірі үшін ұнтақтаудың оңтайлы ұсақтығы  $R_{90} = 12-14 \%$  құрайды.

ЖЭС-та тозаң дайындау үшін диірмендердің мынадай түрлері пайдаланылады.

1. Шарлы-барабанды диірмен (ШБД). ШБД қатты отынның кез келген түрін ұнтақтауды және бір мезгілде кептіруді, ұнтақтаудың кез келген қажетті ұсақ-түйегінің

шаңын алуды, үлкен бірлік қуатына қол жеткізуді, диірменге көмірмен бірге механикалық заттар түскен кезде авариясыз жұмысты қамтамасыз ететін әмбебап диірмен болып табылады.

Сонымен қатар, ШБД шаң дайындау жүйесі бірқатар көлемді және күрделі тораптар мен бөлшектерден тұрады, көмірдің түріне байланысты 20-35 кВт/т дейін электр энергиясының жоғары үлестік шығыстарымен сипатталады.

2. Орташа жүрісті диірмендер. Орташа жүрісті диірмендер шарлы (ОШД) немесе білікті (ОБД) диірменмен жұмыс істейді. Орташа жүрісті диірмендерде отынды ұнтақтау ОШД-да айналмалы болат шарлармен және ОБД-де конустық орамдармен көмір кесектерін ұсақтау арқылы жүзеге асырылады.

3. Балғалы диірмендер. Бұл типтегі диірмендер жоғары жылдамдықты класқа жатады және тікелей үрлеу жүйелерінде қолданылады. Ротордың айналу жиілігі 735-980 айн/мин шегінде болады. Балғалы диірмендердің негізгі кемшіліктері-соққылардың салыстырмалы түрде тез тозуы және 300-600 сағат жұмыс істегеннен кейін оларды ауыстыру қажеттілігі. 1 т ұнтақтауға жұмсалатын электр энергиясының шығыны 5-12 кВт-сағ.

4. Желдеткіш диірмен. Желдеткіш диірмен отынды ұнтақтайды және сонымен бірге кептіру агентін сорып алады және дайын шаң-ауа қоспасын шаң өткізгіштер арқылы қазандық жанарғыларына тасымалдайды. Желдеткіш диірмендер жұмсақ дымқыл қоңыр көмір мен фрезерлік шымтезекті ұнтақтау үшін қолданылады. Қоңыр көмірмен жұмыс істейтін желдеткіш диірменінің өнімділігі 100 т/сағ-тан асады. Ұнтақтауға жұмсалатын энергия шығыны 6- 10 кВт-сағ/т.

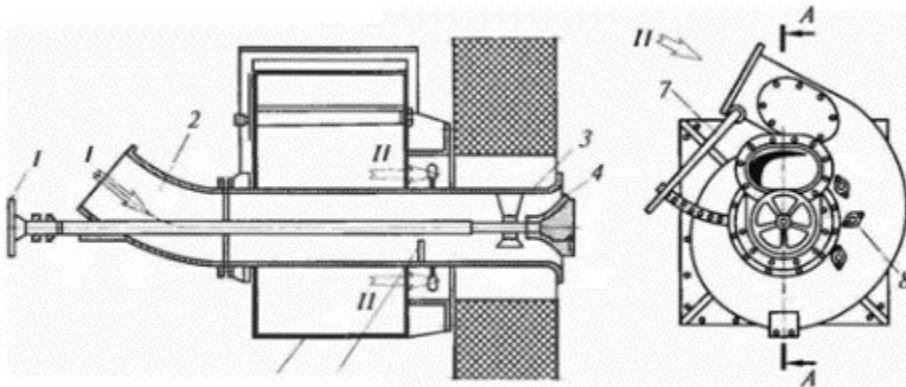
### **Көміртозанды жанарғылар және олардың оттықта орналасу схемалары**

Көміртозанды жанарғылар көмір шаңы мен ауаны оттыққа енгізу, көмірді жағудың тиімді және қожсыз режимін ұйымдастыру, алауды тұрақты тұтату үшін қолданылады. Көмір жағатын ЖЭС-те көмір шаңын жағу үшін жанарғылардың екі негізгі түрі қолданылады: құйынды және тікелей ағынды.

Бастапқы немесе қайталама ауа арнайы құйындағыштармен бұралатын жанарғылар құйынды деп аталады. Ағын жанарғының кіре берісінде орналастырылған шиыршықпен немесе жанарғыға аксиальді немесе тангенциалды түрде бастапқы немесе қайталама ауа ағынында орнатылатын қалақшалармен бұралады. Жанарғыға бастапқы (шаңмен бірге) және қайталама ауаны енгізу әдісіне байланысты атау беріледі.

5.2-суретте МАЭСҰ тура ағынды-шиыршық-құйынды жанарғысы ұсынылған, яғни аэрокоспа (шаңы бар бастапқы ауа) орталық құбыр арқылы тура ағынмен бұралмай беріледі, ал екінші реттік ауа 6 шиыршықпен бұралады. Орталық құбырдың соңында 3 конустық бөлгіш түрінде жылжымалы шойын ұштық орнатылған, ол алау жалынының қажетті «ашылуын» және алаудың тамырына ыстық жану газдарын үрлеуді қамтамасыз етеді, бұл отынның тұтануын күшейтеді. Шиыршықтар арқылы берілетін екінші реттік ауа пешке ұштық пен қазандықтың айналдыра қаптамасынан пайда болған балдақты

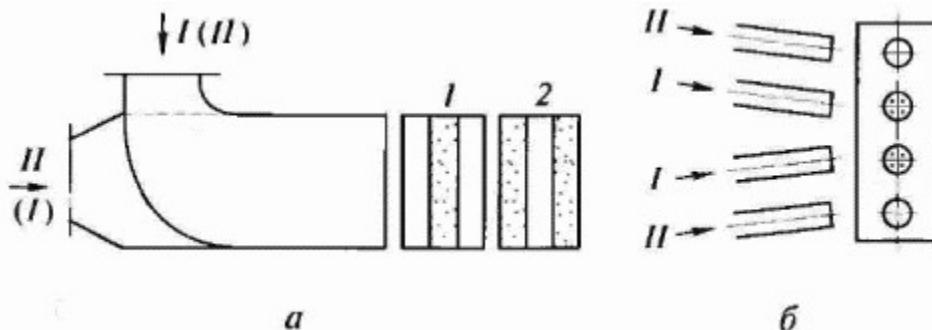
кеңістік арқылы бұралып шығады. Жанарғыны тұтату үшін, сондай-ақ қажет болған жағдайда көміртозанды алауға көмескі жарық түсіру үшін жанарғының корпусында мазут форсункасын орнатуға арналған тесік бар.



5.2-сурет. МАЭСҰ құйынды көміртозанды жанарғысы

5.3-суретте тура ағынды-саңылаулы тік бұрышты жанарғы схемалық түрде ұсынылған. Тура ағынды жанарғылар оттыққа көбінесе параллель аэрошаң және екінші реттік ауа ағындарын жібереді. Мұндай жанарғылар сыртқы 1 және ішкі 2 кіріс екінші реттік ауамен жүргізіледі. Тура ағынды-шүмекті жанарғыларда аэрокоспаны және екінші реттік ауаны енгізу дөңгелек шүмектер арқылы бөлек жүзеге асырылады (5.4-сурет). Ағындардың араласуы негізінен жанарғылардың оттық қабырғасында өзара қарама-қарсы орналастырылуына және оттық ішінде қажетті ағын аэродинамикасын құруға байланысты болады.

Қазандықтың жанарғылары бір немесе екі деңгейде орнатылады.



5.3-сурет. Тура ағынды жанарғылардың негізгі схемасы

Отынның толық жануы, оттықтың сенімді пайдалану жұмысының шарттары едәуір дәрежеде көміртозанды жанарғыларды орналастыруға байланысты айқындалады. Камералық пештер үшін ең көп таралған-жанарғылардың фронтальды, қарама-қарсы және бұрыштық орналасуы.

Жанарғылардың фронтальды орналасуы кезінде (жанарғылар қазандықтың бір қабырғасына-фронтальды) қазандықтың қарама-қарсы қабырғасының қождануын болғызбау үшін қысқа жанарғы алауы бар жанарғылар пайдаланылады.

Жанарғылар қарама-қарсы орналасқан кезде (жанарғылар қазандықтың бүйір қабырғаларына бір-біріне тікелей немесе ығысумен орнатылады-негізгі саңылау

жанарғыларында қолданылады) - оттықтың жанып тұрған алаумен біркелкі толтырылуы байқалады, қазандықтың экрандық беттерінің қож түсуіне жол берілмейді. Бұрыштық орналасу кезінде жанарғылар не от жағу камерасының бұрыштарында, не қазандықтың қарама-қарсы қабырғаларында (кемінде 2 жанарғы) орнатылады, бұл ретте аэроқоспа мен қайталама ауа ағындары тангенс бойынша оттықтың ортасындағы ойдағы шеңберге, аэроқоспа - кіші шеңберге, қайталама ауа - үлкен шеңберге бағытталады. Кейбір жанарғылардың конструкциясы пештегі температураны реттеу, ыстық бу мен қатты қызған будың температурасын ұстап тұру үшін бағытты автоматты түрде өзгертуге мүмкіндік береді.

### **Көміртозанды қазандықтардағы қожды жою**

Көміртозанды оттықтар оттықтан қожды алу тәсіліне байланысты қатты (ҚШЖ) және сұйық (СШЖ) қожды жою қазандықтарына бөлінеді. Әдетте ҚШЖ бар қазандықтардың оттығынан газдармен шығарылатын күлдің үлесі 85-95 %-ды, СШЖ бар қазандықтардан - 5-15 %-ды құрайды. СШЖ қазандықтары негізінен ұшпа құрамы төмен көмірлерде, негізінен антрацитті жағу кезінде қолданылады. Қазақстанда энергетикалық көмірдің арасында антрацит жоқ, сондықтан СШЖ бар қазандықтар пайдаланылмайды. Қазақстандағы барлық қазандықтар алаумен жағылады - тек қатты қожды жояды.

5.1-кестеде Қазақстанның конденсациялық ЖЭС-інде шектен асқан қысымы бар 24 қазандық (300 МВт бойынша сегіз дубль блок үшін 16 қазандық және 500 МВт блоктардың сегіз қазандығы) орнатылғаны көрсетілген, ШАҚ қазандықтарының ең жоғары қуаты 1650 т/сағ (ЕМАЭС 1 және ЕМАЭС-2) құрайды. Қазақстан Республикасының ЖЭО-да 9-14 МПа қысыммен, өнімділігі 220-420 т/сағ 116 қазандық орнатылды.

Конденсациялық энергия блоктарының ірі заманауи қазандықтарында азот оксидтерінің эмиссиясын бақылау үшін бірқатар әдістер қолданылады: төмен эмиссиялық жанарғылар, екі және үш сатылы жағу және басқалары. Түтін газдарын күкіртсіздендіру жүзеге асырылмайды. Күл шығарындыларын бақылау үшін заманауи электр сүзгілері орнатылады.

### **Көмірді псевдосұйытылған (қайнаған) қабатта жағу**

Төмен сұрыпты көмірді жағу кезінде Қазақстанның көмір ЖЭО-ның алдында тұрған проблемаларды шешуге қабілетті қазандық техникасы бөлігіндегі (төмен реакциялық, күлі жоғары, түйірлігі жоғары, минералды бөлігі қолайсыз, көмір байыту қалдықтарын қоса алғанда, әртүрлі қалдықтар және басқалар) перспективалы технологиялар қатарының бірі көпіршік қайнаған қабаты бар қазандықтарға (КҚҚ) және айналымдағы қайнаған қабаты бар қазандықтарға-АҚҚ-ға бөлінетін, қайнаған қабаты бар қазандықтарда қатты отынды төмен температурада жағу технологиясы болып табылады.

Төмен температуралы жағуға ұмтылу кеңінен қолданылатын жоғары температурада жағумен салыстырғанда түгін газдарындағы зиянды шығарындыларды азайтудың қағидаттық мүмкіндігімен түсіндіріледі. Бұл ретте қымбат тұратын газ тазарту схемаларын қолданбай, күкірт және азот оксидтері бойынша қатаң санитариялық нормалар қанағаттандырылады.

Сонымен қатар, жағу процесінің төмен температурасында отынның минералды бөлігін (күлін) сублимациялау минималды, сондықтан қыздыру беттерінің ластануы минималды, ал хлор мен фтор сияқты басқа элементтердің күкірт оксидтері мен «қышқыл қосылыстары» белсенді күл сорбенттерімен (Ca, Mg, Na, K және т.б.) немесе тікелей қабатқа берілетін сорбенттермен, мысалы, ұсақталған әктаспен басылуы мүмкін.

Дәстүрлі алау оттықтарымен салыстырғанда қайнаған қабаты бар қазандықтар отын сапасына аса талап қоймайды және төмен сұрыпты қатты отынның кең гаммасын (қалдықтардан төмен реакциялық күлі жоғары көмірге дейін және оларды байыту қалдықтарына дейін) тиімді жағуға мүмкіндік береді. Сатылы жағу азот оксидтері эмиссиясының өте төмен мәндерін қамтамасыз етеді (200 мг/нМ<sup>3</sup> дейін). Оттыққа арзан сорбенттерді (әктас, доломит және басқалар) берген кезде 90 %-дан астам күкіртті байланыстыру қамтамасыз етіледі. Жағудың төмен температуралары (850-950 °С) қазанның қызу бетін қожданудан және үйінділерден сақтайды..

Энергетикалық қондырғылардағы көпіршікті қайнаған қабаттың технологиясы (жылу қуаты 50 МВт және одан жоғары қондырғылар) 70 жылдардың ортасынан бастап, ал АҚҚ технологиясы 80-90-шы жылдары зиянды шығарындыларға қатаңдату нормаларының ықпалымен және көмір байыту қалдықтарын қоса алғанда, түрлі төмен калориялы қалдықтарды жағу қажеттілігімен кеңінен қолданыла бастады.

### **Көпіршікті қайнаған қабатта көмірді жағу**

Көпіршікті қайнаған қабатта қатты отынды жағу технологиясы - бұл отынның көмір бөлшектерін қайнаған қабатта жағу. Оттыққа берілетін көмірдің мөлшері 0-25 мм және көмір бөлшектерінің ең жоғары мөлшері жағылатын көмірдің түріне байланысты (антрацит және күлі төмен реакциялық тас көмір үшін, Екібастұз типі, 0-6 мм, қоңыр жоғары реакциялық көмір үшін 0-25 және одан да көп мм). Пештегі газдардың жылдамдығы жағылатын көмірдің фракциялық құрамына байланысты, бірақ әдетте 2-3 м/с дейін. Қабаттың температурасы 750-950 °С деңгейінде сақталады, оның деңгейі жағылатын көмірдің түріне байланысты, ал қабаттың температуралық өрісінің біркелкілігі байқалады. Температура бірнеше градусқа ғана ерекшеленуі мүмкін және қабаттың мөлшеріне (ауданына), инертті қабат материалының фракциялық құрамына және жағылатын көмірге, сондай-ақ пайдаланылатын отын түріне байланысты болады. Көмірді жағу негізінен гетерогенді қайнаған қабат режимінде жүретінін (көпіршікті қайнаған қабат - КҚҚ) атап айту қажет.



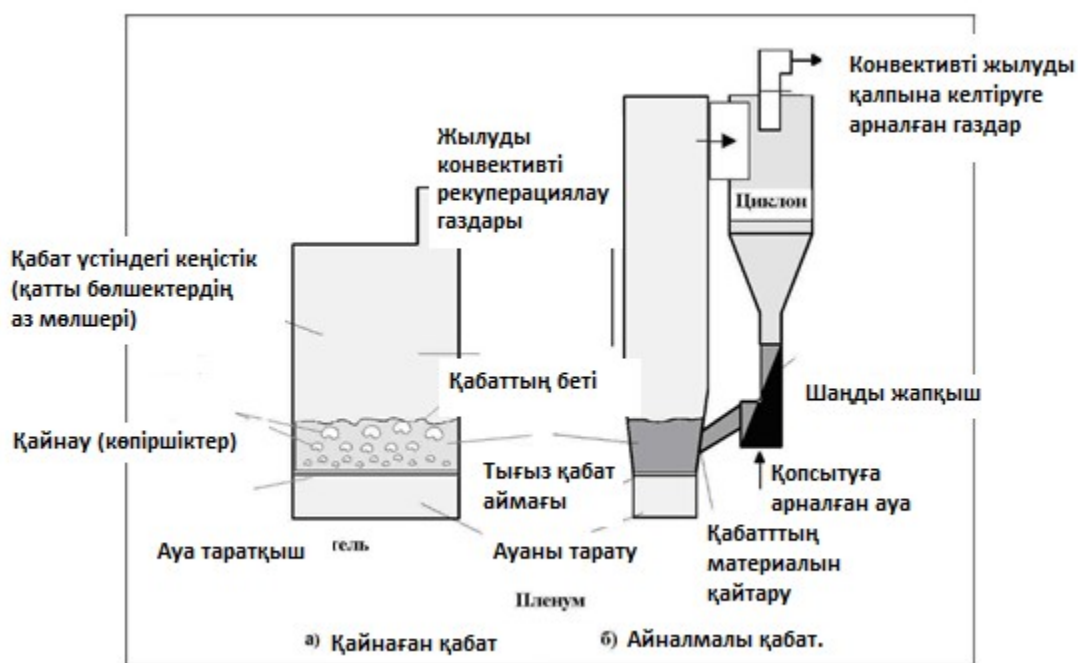
Әдетте қайнаған қабаттың материалы ретінде құм қолданылады, әсіресе іске қосу кезінде. Отын (қабат материалының 1 - 3 % дейін), күл және сорбенттен тұратын қабат төменнен жоғарыға қарай берілетін ауамен псевдосұйылтылады, ал қабат температурасы отынның жануын қамтамасыз етеді. Қабаттың салыстырмалы түрде жоғары температурасы (750-950 ыC) және оттықтағы жану уақытының ұзақтығы нәтижесінде, отынның толық жану дәрежесі өте жоғары, сондықтан тиісті атмосфераға жану өнімдерінің салыстырмалы түрде төмен.

Күлі жоғары және төмен реакциялық көмірді, құрамында күкірті жоғары және көмірдің минералды бөлігінің жағымсыз құрамы бар көмірді (қож, тұзды және т.б.) жағу үшін КҚҚ технологиясын пайдалану неғұрлым перспективалы болады.

Күлде кальций, магний қосылыстары және күкірт диоксидіне қатысты басқа да белсенді қосылыстар бар көмірді жағу кезінде SO<sub>2</sub> белсенді күл сорбенттерімен ұсталады. Күлдегі осындай компоненттердің құрамының жоғарылауымен күкірт диоксидінің байланысу дәрежесі артады. Жалпы алғанда, белсенді күл сорбенттерін пайдалану дәрежесі орта есеппен 50-60 % құрайды, яғни стехиометриялық мүмкін мөлшерден 50-60 % SO<sub>2</sub> дейін ұсталады. Оттыққа әктас беру күкірт диоксидінің көбеюіне әкеледі. Сонымен, стехиометриялық қатынас кезінде CA/S = 2 күкірт диоксидінің 90 %-на дейін ұсталады.

КҚҚ-да көмірді төмен температурада жағу азот оксидінің шығарылуын тас көмірді көмірозанды жағумен салыстырғанда 2 есеге дейін төмендетеді, ал қоңыр көмірді жаққан кезде біршама көп.

5.4-суретте КҚҚ және АҚҚ қатты отынды жағуды іске асыру схемалары ұсынылған.



5.4-сурет. Қайнаған қабаттағы көмірді жағу схемалары (КҚҚ және АҚҚ)

Көпіршікті қайнаған қабаты бар оттықтар төмен температуралы оттық (қабат температурасы 750-950 °С қабаттың қождануын болғызбау үшін жұмсарту температурасынан төмен деңгейде ұсталады) және жоғары температуралы қайнау қабаты (1100-1200 °С) болып екіге бөлінеді. Жалпы, көпіршікті қайнаған қабаты бар пештерді талдау негізінде оларды келесі қағидаттарға сәйкес жіктеуге болады:

1. Оттықтағы көмірдің жану процесінің температуралық деңгейі бойынша: жоғары температуралы қайнау қабаты (ЖТҚҚ); төмен температуралы қайнау қабаты (ТТҚҚ).

2. Қайнаған қабат көлеміндегі тотығу реакцияларының аяқталу дәрежесі бойынша: бір сатылы жағу; екі сатылы жағу.

3. Қабаттан артық жылуды кетіру әдістері бойынша: қыздыру беттерін тікелей қабат көлемінде орналастыру; артық ауа жоғары болғанда; сұйық салқындатқышты қабатқа беру арқылы.

4. Жану процесі жүретін қысым бойынша: атмосфералық қысым кезінде; жоғары қысым кезінде.

Қабаттағы төмен температура мыналарға байланысты сақталады:

қабат көлемінде орналасқан қазанды қыздыру беттері (қабатты салқындатады); қабаттағы температура қабатқа жеткізілетін ауа мөлшерінің өзгеруіне байланысты сақталатын екі сатылы жағу, бірақ қабаттағы артық ауа әрқашан бірліктен аз болады ( $\gamma_{сл} < 1$ ), қалған ауа қабаттың үстіне көмірді жағудың қажетті тиімділігін қамтамасыз ету үшін жеткізіледі;

ауаның қабатқа берілуі стехиометриялықтан көп, яғни  $\gamma > 1$  кезінде, бұл ретте қабаттағы температураны реттеу ауа тарату торы арқылы берілетін ауа ағынын өзгерту арқылы жүзеге асырылады.

Отын оттыққа қабаттың төменгі бөлігіне немесе қайнаған қабаттың бетіне беріледі. Қабат ауа тарату торынан (қабаттың төменгі бөлігінен) немесе қайнаған қабаттың бетінен шығарылады.

Қысыммен жағу электр энергиясын өндірудің бу-газ технологиясын жүзеге асыруда қолданылады. Жоғары температуралы тазартудан кейін оттықтан жану өнімдері газ турбинасына беріледі, ал қабатқа батырылған (биіктігі 1-2 метрден астам) қыздыру беттерінде пайда болатын бу бу турбинасына түседі.

Жоғары температуралы жағу технологиясының тұжырымдамасы көмірді жағылатын отыннан тұратын қайнаған қабатқа жағу болып табылады (төмен температуралы қайнау қабатында отынды жағу инертті материал мен күл қабатында жүзеге асырылады).

Қайнаған қабат қысаң жылжымалы торда пайда болады, көкжиекке 8-15 ебұрышпен

қисайған. Тордың астына, от қатты жанып жатқан аймаққа жағуға қажетті ауаның шамамен 50 % беріледі, яғни жағу газдандырылған режимде жүргізіледі. Толық жанбаған өнімдерді толық жағу екінші реттік ауаны үрлеу арқылы от жағатын ошақта жүзеге асырылады.

Деформацияның басталу температурасына жеткен кезде қайнаған қабаттағы күл бөлшектері ірі агломераттарды қалыптастыра отырып, көміртегі бөлшектерін қоспай, өзара бірігіп, жабысады (Годель әсері), олар торға түсіріліп, қож бункеріне ауыстырылады.

Екібастұз көмірі «жұмарланған» көмір болып табылатынын ескерген жөн, сондықтан оны ҚҚ-да жағу кезінде Годель әсері байқалмайды, өйткені қайнаған қабатта қолданылатын фракциялық құрамдағы көмірдің көміртегі мен көмір күлі жағу кезінде бөлінбейді. Екібастұз көмірін жағу үшін осы технологияны іске асыру оттықтан шығарылатын қождағы механикалық толық жағылмаудың күрт артуына әкеледі.

### **Айналымдағы қайнаған қабатта көмірді жағу**

КҚҚ және АҚҚ технологияларын талдау, жобалау мен пайдаланудың ұзақ тәжірибесі қарапайым жағу технологиясы бар КҚҚ қазандықтарын өнеркәсіптік қазандықтарда, сондай-ақ қуаты аз энергетикалық қазандықтарда пайдалану неғұрлым перспективалы екенін көрсетті. Айналымды қайнау қабаты бар қазандықтар негізінен 50 МВт және одан жоғары жылу қазандықтары үшін қолданылады. Айналымдағы қайнаған қабаты бар қазандықтар қабаттан шығарылған бөлшектер тұтылатын (жанбаған көмірдің бөлшектері, оның күлі, сондай-ақ күкірт диоксидін байланыстыру үшін оттыққа берілетін сорбенттер) технологиялық циклондармен және ұсталған бөлшектерді оттыққа қайта айналдыру жүйелерімен жабдықталған. Мұндай пештердегі көлденең қиманың жылу кернеуі  $4-8 \text{ МВт/м}^2$  жетеді, ал қабаттағы газдардың жылдамдығы  $3-8 \text{ м/с}$  құрайды. Көпіршікті қайнаған қабаты (КҚҚ) бар оттықтардың ұқсас параметрлері тиісінше  $2 \text{ МВт/м}^2$  және  $1-2,5 \text{ м/с}$  тең. Айналымды қайнаған қабаты бар оттықтар отынның жоғары жану дәрежесімен сипатталады (шамамен 99 %, КҚҚ қазандықтарында 80-95 % қарсы), олар артық ауаның аз мөлшерімен жұмыс істей алады ( $1,2-1,25$  орнына  $1,1-1,15$ ). Пештің бүкіл контурындағы температура өрісі біркелкі.

5.1-суретте АҚҚ технологиясын құру схемасы, ал 5.4-суретте қатты отынды АҚҚ жағу схемасы ұсынылған.

Инертті материалы бар ауа тарату торы (АТТ) бар оттыққа тұрақты түрде қатты отын, АТТ астына - ауа беріледі. АҚҚ-да көмірді жағу екі сатылы режимде жүзеге асырылады, бұл ретте АТТ-ға ауаның бір бөлігі беріледі (шамамен бастапқы ауаның үлесі  $0,5-0,6$  құрайды), қайталама ауа АТТ-дан бірнеше метр жоғары беріледі. Газдың жылдамдығы жану камерасының бүкіл көлемін толтыратын қатты қабатты көтеру үшін жеткілікті деңгейде жоғары. Оттықтан шығарылған қатты фаза (жанбаған көмір

бөлшектері, күл және сорбент бөлшектері) технологиялық циклонда ұсталады және құбыр (көтергіш) арқылы бөлшектердің рециркуляция торабына (ысырмаға) және одан әрі жағу үшін оттыққа қайтадан түседі. Осылайша, жану тізбегі бойымен қатты бөлшектердің айналым технологиясы жүзеге асырылады: оттық - циклон - көтергіш - ысырма - оттық.

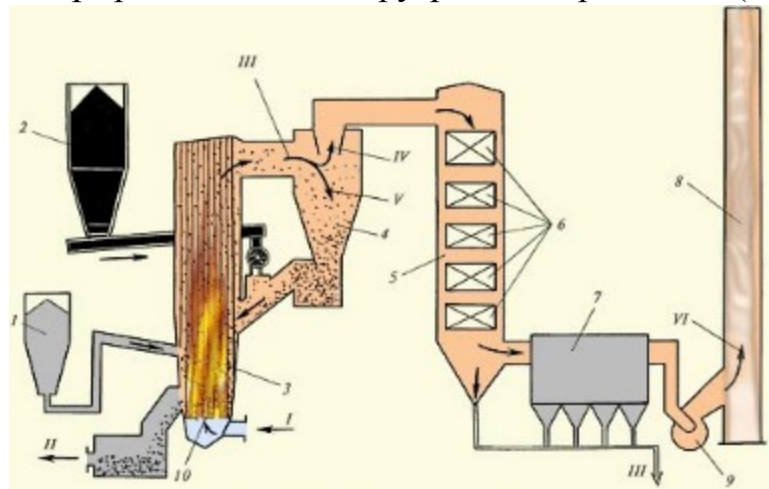
Айналымдағы псевдосұйылтылған қабат (АҚҚ) оттықтың төменгі жағындағы көпіршікті қайнаған қабатты қамтиды. Биіктігі жоғарылаған сайын көпіршік қабатынан жоғары екі фазалы ағынның тығыздығы төмендейді. Бұл жағдайда пештің шығысындағы қатты фазаның концентрациясы әдетте 5-тен 30 кг/м<sup>3</sup>-ке дейін болады. Айналымдағы инертті материалдың бұл маңызды үлесі температураны бүкіл пеш бойымен теңестіреді. Сонымен қатар, жану тізбегі бойымен айналатын материалдың массасы ауа мен жеткізілетін отынның массасынан бірнеше есе көп. Жалпы, сыртқы жағынан, АҚҚ оттығындағы бөлшектердің қозғалысы көміртозанды жағу кезінде пештегі бөлшектердің қозғалысына ұқсас. Бірақ айырмашылық мынада: газдардың жылдамдығы қабаттың барлық бөлшектерінің айналу жылдамдығынан асып кетсе де, қабатта пештен шығу үшін жоғары қарай қозғалатын бөлшектердің айналуынан басқа (сыртқы айналым), төмен қарай қозғалатын пештің қабырға аймағында бөлшектердің пешішілік айналымы да байқалады. Бөлшектердің отішілік айналымы жылдамдық өрісінің біркелкі болмауына байланысты (пештің қабырғаларына жақын, қабырғалардың жоғары қарай қозғалатын газ ағынына қарсылығына байланысты ағынның жылдамдығы төмен), сондай-ақ қатты фазалық бөлшектердің өзара әрекеттесуіне байланысты, нәтижесінде кейбір бөлшектер жылдамдығын жоғалтады және ағыннан шығады.

Қазіргі уақытта оттықта алынатын жылу үлесімен, күлді ұстап қалуға арналған циклондардың орналасуымен және конструкциясымен, кокс-күлі қалдығын рециркуляциялау жүйелерінің конструкциясымен ерекшеленетін АҚҚ қазандықтарының бірнеше модификациялары бар. Бірақ тұтастай алғанда, барлық модификациялар үшін АҚҚ пеші бар қазандықтың жұмыс қағидаты шамамен бірдей және оны келесідей сипаттауға болады.

5.5-суретте АҚҚ бар қазандықтың технологиялық схемасы көрсетілген. 2 Бункердегі көмір оттыққа, жағу үшін I ыстық ауа берілетін ауа таратқыш тордың 10 астына беріледі. Оттыққа 1-бункерден әктас түседі, ол отынның күкіртті қосылыстарын жағу кезінде бөлінетін күкірт диоксидімен химиялық реакцияға түседі, оны қатты түрде байланыстырады ( $\text{CaO}_4$ ) II және III қазандықтан құрғақ күлмен бірге шығарылады, бұл атмосфераға газ тәрізді күкірт қосылыстарының түсуін болдырмайды. Алынған 3 айналым қабаты жылудың бір бөлігін ішкі қыздыру беттеріне өткізеді. Пештің жоғарғы жағынан екі фазалы III ағын газ тәрізді жану өнімдерінен тұрады, нәтижесінде күл және жанбаған көмір бөлшектері 4 циклонға түседі, онда қатты фаза V бөлінеді, ол

жанбайтын отын, күл, әктас бөлшектерінен, сондай-ақ жану өнімдерінен қосылған инертті материалдан тұрады. Айналымдағы ыстық бөлшектер жаңа отынның бөлшектерімен араласады және бұл қоспасы пештің жанып жатқан қайнаған қабатына енеді. Газ тәрізді жану өнімдері және циклонмен ұсталмаған қатты фазалық IV ұсақ бөлшектер 5-ші конвективті шахтаға түседі, онда 6 қазандықтың басқа қыздыру беттері орналасқан: конвективті бастапқы және аралық бу жанарғылар, экономайзер, ауа жылытқышы. Жану өнімдерінің күрт айналуы нәтижесінде конвективті шахтаның шығысында қазандықтан шығарылатын ұшпа күлдің бір бөлігі ағыннан шығарылады. Қазандықтан түтін газы ұшпа күлдің қалдықтарын тұтып қалу және жою үшін 7 электр сүзгіге түседі. Әрі қарай, түтін сорғыш 9 тазартылған газ VI жоғарғы атмосфераға шығару үшін 8 түтін құбырына жіберіледі. Сондай-ақ, күлдің бір бөлігін II қазандықтың оттығынан тікелей шығаруға болады.

Айналымды қайнаған қабаты бар қазандықтарға отын беру жүйесі АҚҚ қазандықтарына қарағанда қарапайым, олар отын сапасына аз талап етеді және азот оксидтерінің шығарындыларын азайту үшін қажет сатылы жағуға жақсы бейімделген. Мұндай оттықтар күкірттің 90 %-дан астамын  $Ca/S = 2$  мольдік қатынасында байланыстыруға мүмкіндік береді, ал көпіршік қайнаған қабаты бар оттықтарға 80-90 % күкіртті байланыстыру үшін көбірек әктас ( $Ca/S = 3$ ) беру қажет.



5.5-сурет. АҚҚ қазандығының негізгі технологиялық схемасы

АҚҚ бар қазандықтардың ең маңызды техникалық-экономикалық артықшылықтары: оттыққа қосылатын күкірт диоксидін арзан сорбенттермен (әктас, доломит, магнезит және т. б.), сондай-ақ  $SO_2$  байланыстыру үшін оңтайлы қабат температурасына негізделген көмір күліндегі белсенді сорбенттермен тиімді (90 % - дан астам) байланыстыру;

азот оксидтерінің төмен шығарындылары ( $200-300 \text{ мг/нм}^3$  кем) азотты тазартудың арнайы құралдарын пайдаланбай, мұның өзі жағудың төмен температурасымен және ауаның сатылы жеткізілуімен байланысты;

бір қазандықта әртүрлі сападағы отынды, сондай-ақ олардың қоспаларын жағу мүмкіндігі, Отынды дайындаудың жеңілдетілген схемасы( тек отынды ұсақтау қажет), жақсы динамикалық сипаттамалары, қазандықты терең түсіру мүмкіндігі, «ыстық» күйден жылдам іске қосу (8 сағаттан кейін);

төмен сұрыпты көмірді тиімді жағу (күлі көп, ылғалдылығы жоғары, ұшпа заттардың шығымы аз, күкірті көп, камералық оттықта жағу үшін күлдің минералды бөлігін қолайсыз);

мазутпен тұрақтандырусыз төмен жүктемелер кезінде тұрақты жұмыс істеуі;

қождың болмауы және қыздыру беттерінің ең аз ластануы;

күкірт және азотты тазарту құралдарының болмауына байланысты қазандық қондырғысының ықшамдылығы.

жұмыс істеп тұрған электр станцияларының жұмыс істеп тұрған қазандық ұяшықтарына АҚҚ бар жаңа қазандықтарды орналастыру мүмкіндігі.

АҚҚ технологиясының кемшіліктеріне мыналарды жатқызуға болады:

қазандықтың қиындатылған конструкциясы;

қаптамалы элементтердің массасының үлкендігі және суық күйде іске қосу уақыты ұзақ;

қазандықтың қосалқы жүйелерінің күрделілігі (қабаттың дренажы, күлді қайтару, әктас беру және т. б.);

жоғары қысымды желдеткіштерді пайдалану салдарынан өз қажеттіліктеріне электр энергиясының қымбаттауы.

Қазіргі уақытта АҚҚ бар қазандықтарды жобалау мен пайдалануда бай тәжірибе жинақталған. Құрылымдық шешімдер едәуір жетілдірілді, металл сыйымдылығы төмендетілді, үнемділік, сенімділік артты және реттеу ауқымы ұлғайтылды.

АҚҚ бар қазандықтарда мынадай спецификалық отындар сәтті жағылды:

ұшпа аз шығатын мұнай коксы, көмір байыту қалдықтары;

үйінді жыныс және күлділігі 60 %-ға дейінгі қождар;

ылғалдылығы 65 %-ға дейін жоғары ылғалды ағындар мен биологиялық тұнбалар.

Атап айтқанда, бір оттықта жобалық және одан қатты ерекшеленетін отынды, соның ішінде биомассаны да сәтті жағу мүмкін болды. Сонымен қатар, барлық жағдайларда келесі көрсеткіштерді қамтамасыз ету мүмкін болды:

$NO_x$  шығарындылары 300 мг/Нм<sup>3</sup> артық емес;

күкіртті байланыстыру ПӘК 90 %-дан кем емес;

механикалық және химиялық толық жанбау шығындары 4 %-дан аз.

Қазіргі уақытта АҚҚ технологиясының әртүрлі модификацияларының қазандықтары салынуда және сәтті пайдаланылуда, бұл ретте құрылыстың, пайдаланудың және жергілікті жағдайлардың барлық аспектілерін ескере отырып, қандай да бір технологияның артықшылықтары айқын болып табылмайды. Қазақстанның төмен

сұрыпты көмірлерін жағу үшін осы қазандықтарды пайдалану тұрғысынан келесі модификациялар неғұрлым қызықты:

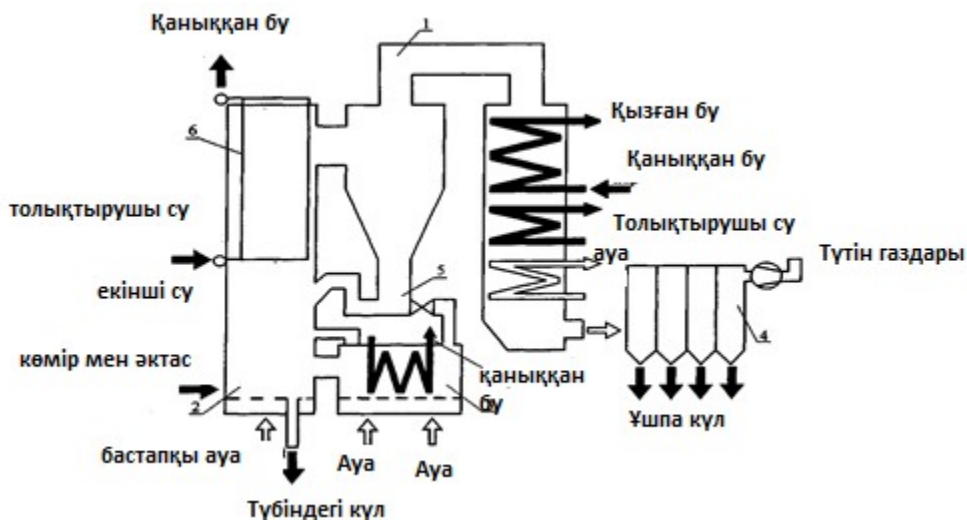
- 1) «Лурги» технологиясы;
- 2) «Пирофлоу» технологиясы;
- 3) «Циркофлюид» технологиясы;
- 4) «Бабкок-Вилкокс» технологиясы.

### Лурги технологиясы.

5.6-суретте «Лурги» жүйесінің АҚҚ оттығы бар қазандығының негізгі схемасы ұсынылған. «Лурги» технологиясын атауы бірдей неміс фирмасы жасаған.

Лурги технологиясының жұмыс қағидаты келесідей.

Жанармай мен әктас 2 пештің түбіне түседі, онда үлкен және ұсақ отын бөлшектері жағылады. Кокс пен күлдің ұсақ бөлшектері ҚҚ аймағынан шығарылып, пештің қабатталған кеңістігіне енеді, онда олар екінші реттік ауаның әсерінен жағылады. Оттықтан шығарылған бөлшектер (ККҚ) - кокс пен күлдің жартылай жанған бөлшектерінен тұратын кокс-күл қалдықтары газ тәрізді жану өнімдерімен бірге 1 циклонға түседі, онда бұл ағындар бөлінеді: ұсақ бөлшектердің аз үлесі бар газ тәрізді өнімдер конвективті шахтаға түседі, ал ККҚ - қайтару трактіне түседі. Қайтару жолы арқылы өтіп, ККҚ 5 пневмомеханикалық жапқышқа жіберіледі, онда реттегіш құрылғының көмегімен екі ағынға бөлінеді, олардың біреуі оттыққа оралады, ал екіншісі 400-450 °С қабат температурасымен 3 қайнаған қабаттың (мұнда қазандықтың қыздыру беттері орналасқан) шығарылатын күл жылу алмастырғышына түседі, ол жерден ішінара салқындағаннан кейін оттыққа оралады. ККҚ-ның жүйеде бірнеше рет айналымы есебінен отын бөлшектерінің реакциялық аймақта болуының және оларды күйдірудің қажетті уақыты қамтамасыз етіледі. Жылу тепе-теңдігін сақтау және қабаттағы қажетті температураны ұстап тұру үшін циклондағы күл мөлшері отынмен бірге келетін күл мөлшерінен 50-60 есе көп. Нәтижесінде циклон алдындағы газдар ағынындағы қатты фазаның концентрациясы 10 кг/м<sup>3</sup> деңгейінде болады. Циклонның тиімділігі өте жоғары және шамамен 98 % болуы керек.



1-циклон, 2 - пеш, 3 - қайнаған қабаттың жылу алмастырғышы, 4 - қап сүзгісі, 5-U - типті пневматикалық механикалық жапқыш, 6-буландыратын қыздыру беттері

5.6-сурет. «Лурги» жүйесінің АҚҚ - қазандық агрегатының негізгі схемасы

Лурги технологиясының құрылымдық және технологиялық ерекшеліктері:

1. «Лурги» қазандығының оттығында буландырғыш беттер бар, перделік беттер жоқ.

2. Қазандық агрегаттарының циклондары ішінен қапталған.

3. Қондырғының өнімділігі төмендегілер есбінен реттеледі:

оттықтағы шаң-газ ағыны жылдамдығының өзгеруі;

қайнаған қабаттың сыртқы жылу алмастырғышынан өтетін күл ағынының үлесінің өзгеруі, бұл температура мен жағу процесінің технологиялық көрсеткіштерін өзгертпей, бу өнімділігін 50-110 % шегінде өзгертуге мүмкіндік береді, бұл әсіресе төмен реактивті және жоғары түйіршікті көмір үшін өте маңызды.

4. Сыртқы күл жылу алмастырғыштың болуы:

қыздыру беттерінің абразивті тозуын едәуір төмендету;

оның өткізгіш компонентіне байланысты жылу беру тиімділігінің едәуір артуы.

5. Пештің, конвективті біліктің және қайнаған қабаттың сыртқы жылу алмастырғышының арасындағы жылу көтергішті біркелкі орналастыру көп жағдайда жүктемені 30-110 % (әдетте 50-110 %) аралығында реттеуге мүмкіндік береді.

«Лурги» технологиясының көрсетілген артықшылықтары бұл технологияны әлемнің жылу көмір электр станцияларында кеңінен енгізуді қамтамасыз етті.

«Лурги» жүйесінің АҚҚ қондырғыларының кемшіліктеріне олардың көлемділігі, үлкен металл және материал сыйымдылығы, қазандық агрегаттарын суық күйден іске қосудың ұзақ мерзімі жатады.

### **«Пирофлоу» технологиясы**

«Пирофлоу» технологиясын финдік «Альстрем» фирмасы жасаған. 1995 жылы «Альстрем пайропауер» фирмасының негізгі кәсіпорны мен технологияның өзін «Фостер Уиллер» (АҚШ) фирмасы сатып алды.

«Пирофлоу» жүйесінің негізгі элементтері 5.7-сурет) мыналар: экрандалған жану камерасы, 1 ыстық циклон 3 және конвективті қыздыру беттері 6, 7. Жану камерасы төменгі және жоғарғы бөліктерге бөлінген, толығымен экрандалған және мембраналық буландырғыш экрандардан жасалған (соңғы жылдары бүкіл өрт сөндіргіш мембраналық экрандардан жасалған, олардың төменгі жағында орналасқан). Жоғарғы бөлігінде буландырғыш және бу қыздырғыш беттер ретінде қолданылатын экрандар бар. Циклондар қаптамаланған, ал қондырғының конвективті бөлігінде ауа жылытқышы, экономайзер және супер қыздырғыш сатылар бар. «Пирофлоу» жүйесінің қазандық агрегаттарының жұмыс қағидаты «Лурги» жүйесінің қазандық агрегаттарына жақын, алайда осы бу генераторларын қайтару жолында күлді салқындату жүйесі жоқ, ал олардың өнімділігін реттеу шаң-газ ағынының жылдамдығын және оттықтағы



температураны өзгерту арқылы жүзеге асырылады. «Пирофлоу» жүйесінің АҚҚ-қазандық агрегаттарының өнімділігін реттеу диапазоны «Лурги» жүйесіне қарағанда еңсіз (қайнаған қабаттың жылу алмастырғышының болмауына байланысты), және жағудың технологиялық көрсеткіштерін өзгертпей номиналды жүктемеден 70-110 % құрайды (45-110 % өзгерістерімен бірге).

Пирофлоу схемасын қолданған кезде айналымдағы күлдің мөлшері Лургиге қарағанда үлкен және циклон алдындағы қатты фазаның концентрациясы  $20 \text{ кг/м}^3$  жетеді.

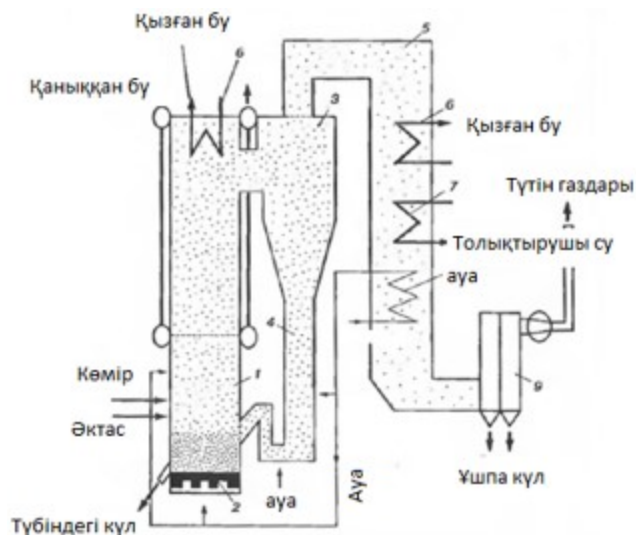
Технологияның артықшылықтарына оның салыстырмалы қарапайымдылығы, «Лурги» қазандық агрегаттарына қатысты төмен металл сыйымдылығы, қатты отынның әртүрлі түрлерін: ағаш чиптерін, шымтезекті, лигниттерді, тақтатастарды, көмірді және мұнай коксын пайдалану мүмкіндігі жатады.

Кемшіліктері: бу генераторының жүктемесін реттеу диапазоны тар, қыздырудың перделік беттерінің тозуы жоғары, жоғары күкіртті көмірді жағу үшін пайдаланудың орынсыздығы (жану температурасының өзгеруіне байланысты өнімділікті реттеуге байланысты), сондай-ақ, бірдей жағдайда «Пирофлоу» жүйесінің қазандық агрегаттарының қуаты аз. Пирофлоу схемасын қолданған кезде айналымдағы күлдің мөлшері Лурги қазандықтарына қарағанда көп болады, сондықтан циклон алдындағы қатты фазаның концентрациясы  $20 \text{ кг/м}^3$  жетеді.

Аталған кемшіліктерді жою үшін «Пирофлоу» жүйесінің қуатты АҚҚ-қазандық агрегаттарында материал шығынын механикалық емес реттейтін «Интрекс» типті шығарылатын жылу алмастырғыштар орнатылды, бұл тұтастай алғанда қазандықтың сенімділігін арттырады. Бұл шешіммен шаң мен газ ағынының бір бөлігі қайнаған қабаттың жоғарғы бөлігінен алынады, «Интрекс» жылу алмастырғышында салқындалатылып, қабаттың төменгі бөлігіне қайтарылады. Бұл қазандық агрегаттарының реттеу мүмкіндіктерін кеңейтеді және олардың қуатын арттырады.

Конструкцияны одан әрі жетілдіру үшін «Фостер-Уиллер» компаниясы (ол кезде «Альстрем») 90-шы жылдардың басында «компакт-дизайн» жаңа тұжырымдамасын әзірледі.

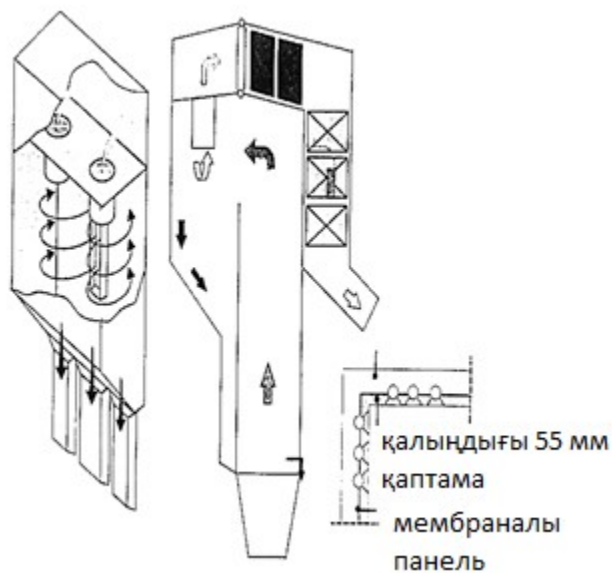
АҚҚ - қазандық агрегаттарының негізгі ерекшеліктері: квадратты циклон және ККҚ-ның саңылаулы қайтару тракті, бұл компенсаторлардың болмауына және төсеніш көлемінің күрт төмендеуіне және жоспарда қазандық габариттерінің төмендеуіне байланысты қазандық жұмысының сенімділігінің артуына әкелді (5.8-сурет). Бөлгіштерден пешке күлді шығару жолында орнатылған INTREX күл жылу алмастырғыштарын пайдалану қазандық жүктемелерінің кең ауқымында қабат температурасын дәл реттеуге, шығарындыларды азайтуға және қазандықтың тиімділігін арттыруға көмектеседі. Күлді жылу алмастырғышта  $0,3-0,5 \text{ м/с}$  төмен сұйылту жылдамдығын пайдалану суасты жылыту беттерінің эрозиялық тозу мүмкіндігін азайтады.



1-экрандалған пеш, 2-ауа тарату қақпағы торы, 3-циклон, 4-күлді қайта өңдеу жүйесі (пневмомеханикалық жапқыш), 5-қазандықтың конвективті шахтасы, 6-буды қыздырғыш, экономайзер, 8-ауа жылытқыш, 9-электрсүзгі

5.7-сурет. «Пирофлоу» жүйесінің АҚҚ қазандығының негізгі схемасы

Бұл қазандық агрегаттар табиғи айналым режимінде де, тікелей ағынды бу генераторларында да жұмыс істей алады. Соңғы шешім будың жоғары параметрлеріне байланысты процестің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. «Пирофлоу» жүйесінің салыстырмалы қарапайымдылығы әлемдік ЖЭС-те АҚҚ-технологияларының ішінде ең көп пайдаланылуына әкелді.



5.8-сурет. Шағын күл сепараторларының схемасы

5.9-суретте «компакт-дизайн» схемасы бойынша жасалған Ложиждегі (Польша) ЖЭС-те будың аса критикалық параметрлері бар АҚҚ қазандығы бар қуаты 460 МВт әлемдегі ең ірі блоктардың бірі ұсынылған. Будың асқынқыздырғышы мен өндірістік асқынқыздырғыштың алғашқысатылары конвективті газ құбырында, ал соңғысы INTREX типті күл жылу алмастырғыштарында орналасқан. Қазандық регенеративті ауа

жылытқышымен жабдықталған. Блоктың ПӘК ААҚ бар қазандықтар бойынша әлемдегі ең үздік деңгейде - 43, мұның өзі жиынтығында шығарындылардың өте төмен деңгейімен ірі отын жағатын қондырғылар бойынша Еуроодақ директивасының талаптарына сәйкес келеді.

Бу параметрлерінің өсуіне қоса ( $P=27,5$  МПа,  $T_{п.п.} = 565/580^{\circ}\text{C}$ ), АҚҚ қазандықтары бар блоктардың тиімділігін арттыруға шығатын газдардың температурасын төмендету жолымен ( $t_{ух.г.} = 122^{\circ}\text{C}$ ).



5.9-сурет. Қуаты 460 МВ АҚҚ бар энергия блогы

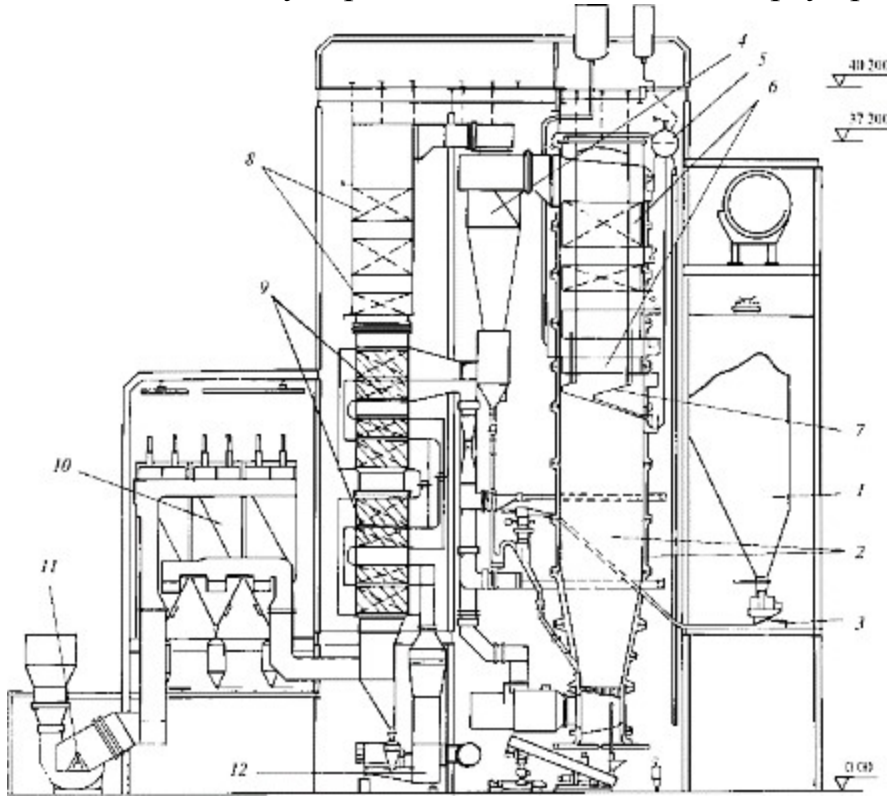
«Циркофлюид» технологиясы

Циркофлюид технологиясы Пирофлюо технологиясы мен классикалық қайнаған қабат арасындағы аралық орынды иеленеді, оны Дойче Бабкок бастаған неміс фирмаларының консорциумы тас көмір мен қоңыр көмірді жағу үшін жасаған. «Циркофлюид» қазандық агрегаттарының (5.10-сурет) бу шығаратын беттері бар үлкен оттықтары болады. Оның жоғарғы бөлігінде перделік бу жанарғылар мен экономайзерлер орналасқан. Оттықтың төменгі бөлігінде кесек өлшемдері 10-25 мм отын жеткізілетін псевдосұйытылған қабат бар. Қабаттағы температура  $850^{\circ}\text{C}$  деңгейінде температурасы  $300-450^{\circ}\text{C}$  газ аймағындағы газ жолына орнатылатын циклонда тұтылған суық күл берілуіне байланысты сақталады. Күлдің айналым жиілігі 10-15 тең, мұның өзі циклон алдындағы бөлшектер құрамының  $1,5-2$  кг/м<sup>3</sup> деңгейіне сәйкес келеді.

Осындай құрылымдық шешіммен оттықтың жоғарғы бөлігінде шаң мен газ ағыны  $850-900^{\circ}\text{C}$ -тан  $400-450^{\circ}\text{C}$ -қа дейін төмендейді. Кіші диаметрлі «суық» циклондар қолданылады (3,5 - 5 м).

Конструкциясы бойынша АҚҚ бар қазандық мұнара типіндегі қазандыққа ұқсас және аласа болады. Қаптаманың едәуір төмендеуіне байланысты қазандықтың іске қосылу уақыты минималды (3 сағатқа дейін), ал жүктеменің өзгеру жылдамдығы көміртегі қазандықтары үшін осы көрсеткішке жақын. Жүктемені реттеу диапазоны номиналды

диапазоннан 60-110 % құрайды. Реттеу отын мен ауа шығынын, сондай-ақ бастапқы және қайталама ауа арасындағы қатынасты өзгерту арқылы жүзеге асырылады.



1-отын бункері; 2-от жағатын экрандар; 5-отын қоректендіргіш; 4-циклон; 5-барабан; 6-бу жанарғылар; 7-аспалы құбырлар; 8-экономайзер; 9-ауа қыздырғыш; 10-күлтұтқыш; П-түгін сорғыш; 12-үрлеу желдеткіші

5.10-сурет. «Циркофлюид» схемасы бойынша АҚҚ бар қазандық

«Циркофлюид» технологиясының артықшылықтарына төмен металл сыйымдылығы, салыстырмалы қарапайымдылығы, қондырғылардың шағын өлшемдері жатады.

Кемшіліктеріне - қуатты реттеудің тар диапазоны, перделік қыздыру беттерінің тозуы. Қатты отынды жағу және олардағы күкірт оксидтерін байланыстыру тиімділігі Пирофлюу жүйесінің қазандық агрегаттарына қарағанда біршама нашар.

Циркофлюид жүйесінің қазандық агрегаттарын салу құқығы «Лурги-Лентьес» фирмасына берілді (соңғы уақытта жаңа қазандықтарды іске қосу туралы ақпарат түскен жоқ).

#### **«Бабкок-Вилькокс» техникасы**

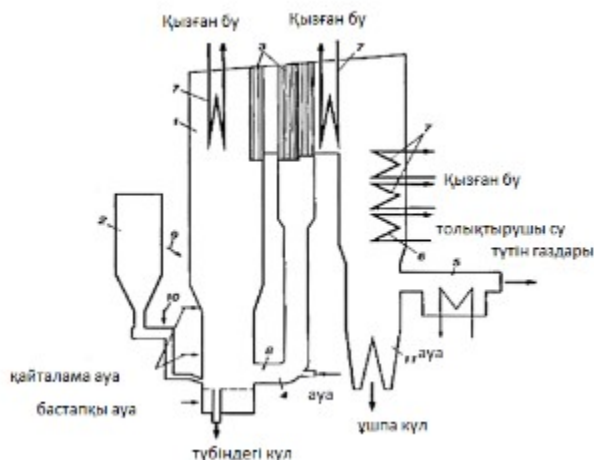
«Lurgi», «Pyroflow» технологиялары мен АҚҚ басқа да жүйелерінің негізгі кемшіліктерінің бірі - жүйеде реконструкция жасаған жағдайда қуаты зор АҚҚ қазандық агрегаттарын қолданыстағы ұяшықтарға орналастыруға мүмкіндік бермейтін металды көп қажет ететін ауыр шығару циклонының болуы. Осы кемшілікті жою үшін шведтік Studswik фирмасы шығару циклонының орнына жалюзи шаң бөлгіші бар АҚҚ-технологиясын әзірледі. Болашақта бұл технология америкалық Babcock & Wilcox компаниясына сатылды, ол оны жетілдірді.

Жасалған АҚҚ-технологиясы шығару циклондарынан бас тарту, жалюзи шаң бөлгішін фестон орнына орналастыру, қатты бөлшектердің отішілік айналымын күшейту салдарынан дәстүрлі алаумен жағуға ұқсата отырып, бу генераторының конструкциясын жеңілдетуге бағытталған.

5.11-суретіе «Бабкок-Вилкокс» қазандығының негізгі схемасы ұсынылған.

«Бабкок-Вилкокс» АҚҚ технологиясының дәстүрлі АҚҚ технологияларынан айырмашылығы-оттықтың жоғарғы бөлігінде, швеллерлік сепараторлардың екі сатысының бұрылыс аймағында орнату болып табылады. Бірінші саты оттықтың шығысында, екіншісі қазандықтың өтпелі шахтасында орналасқан. Өтпелі шахтаның артында конвективті қыздыру беттері орналасқан, содан кейін мультициклон мен ауа жылытқыштар орнатылған. Бірінші сатыдағы швеллер сепараторы екі немесе одан да көп соққылық U-тәрізді элементтерден тұрады, олар қазандық қондырғысының төбесіне ілінеді және шахмат тәртібімен оорналастырылады. Сепаратор ұстаған кокс-күл қалдығы-ККҚ ішкі айналымды күшейте отырып, тікелей оттыққа қайтарылады. Бірінші сатыдан кейін жану өнімдеріндегі қатты фазаның концентрациясы 0,05–0,25 кг/кг құрайды. Екінші сатыдағы сепаратор сонымен қатар шахмат тәртібімен орналасқан U-тәрізді элементтерден тұрады, бірақ ондағы қатты бөлшектер сепаратордың астындағы бункерге түседі және сыртқы айналым контуры бойымен қайнаған қабат аймағына қайтарылады.

«Babcock & Wilcox» АҚҚ қазандықтарының соңғы модификациялары екінші сатыда ұсталған бөлшектерді сепаратордан кейін АҚҚ сыртқы айналым жолынсыз оттықтың жоғарғы бөлігінің қабырғалық аймағына қайтаруды көздейді. Швеллер сепараторы жағылатын өнімдердің қатты бөлшектерден 95- 98,5 % тазартылуын қамтамасыз етеді. Газ тәрізді өнімдерді ұсақ бөлшектерден тазарту мультициклон мен электрсүзгіде жүреді. Схемада оттықтағы температураны реттеу және көміртектің толық жануын қамтамасыз ету үшін мультициклоннан «суық» әкетуді қайтару қарастырылған. Зерттеулер көрсеткендей, швеллер сепараторларының бірінші сатысында күлдің 75 %, екіншісінде - 20 %, мультициклондарда - шамамен 4,7 % ұсталады. Технология бойынша бу өнімділігі сағатына 300 тоннадан асатын қазандық агрегаттары құрылды.



1-буландыратын беті бар пеш, 2-көмір бункері, 3-швеллер сепараторлары, 4- L-клапан, 5-ауа жылытқышы, 6-экономайзер, 7-бу қыздырғыш сатылар, 8-КҚҚ қайта өңдеу, 9-ұшпа күлді қайта өңдеу, 10-сорбент, 11-мультициклон  
5.11-сурет. «Бабкок-Вилькокс» АҚҚ қазандығының негізгі схемасы

Жалюзи шаң бөлгіштері бар АҚҚ технологиясының артықшылықтары келесідей: ыстық циклондарсыз Babcock & Wilcox CPC қазандығы ықшамды. Қыздырудың перделік беттерінің абразивті тозуы елеусіз, өрттің жоғарғы бөлігіндегі газдың төмен және біркелкі жылдамдығына байланысты эрозия болады.;

швеллер сепараторының бірінші сатысының болуы пештегі бөлшектердің ішкі айналымын арттырады және олардың биіктікте біркелкі таралуына ықпал етеді; қатты бөлшектерден тазартудың екі сатылы жүйесі мультициклонның жоғары ПӘК болуының арқасында қатты отынды пайдалану тиімділігін арттырады және оттықтағы материалдың мөлшерін кең ауқымда реттеуге мүмкіндік береді;

қазандықтың металл және материал сыйымдылығы басқа АҚҚ қазандықтарына қарағанда 2 есе аз, бұл оның «суық» күйден іске қосылуын тездетеді.

Жалюзи шаң бөлгіштері бар АҚҚ технологиясының кемшіліктері:

қайнаған қабаттың сыртқы жылу алмастырғыштарының болмауы бу генераторларының қуатымен шектеледі және олардың жұмысын реттеу ауқымы азаяды;

КҚҚ-ны мультициклонда ұстар алдында оның көмілуі төмен реакциялық көмірді жағу тиімділігінің елеулі нашарлауына алып келуі мүмкін.

### **5.1.2. Қондырғының тиімділігі**

Жалпы, қазандықта көмірді жағу процесінің жылу әсері көмірдің жанғыш компоненттерін жағудан бөлінетін жылу әсерінен басқа, сондай-ақ көмірдегі ылғалдың булануына, көмірдің күл бөлігін физикалық қыздыруға және жоғары температуралы ыдырау процесіне (эндотермиялық реакциялар) жұмсалатын жылу энергиясының шығыны, сондай-ақ күлдің күрделі минералды компоненттерінің (күлде мұндай компоненттердің салыстырмалы түрде көп мөлшерде болуы) ықтимал экзотермиялық реакцияларымен айқындалады.

Бұл ретте, көмірдің жанғыш компоненттерін жағу процесі, сонымен қатар ылғал мен күлдің минералды компоненттерінің эндотермиялық және экзотермиялық реакциялардан өтуі қатты отынның жану тиімділігіне ғана емес, сонымен қатар күкірт оксиді, азот пен шаң сияқты зиянды заттардың пайда болу және шығарылу процестеріне де әсер етеді, мұның өзі отынды пайдалану тиімділігінің көп факторлы тәуелділігіне, сондай-ақ ластағыш заттардың түзілу процестеріне әкеледі.

Жалпы, жоғарыда аталған қатты отынды жағу технологиялары үшін (көмір шаңын жағу, қайнаған қабатта жағу), отын жағу тиімділігіне және күкірт, азот оксидтері мен шаңның эмиссиясына әсер ететін негізгі режимдік параметрлерден басқа, қазандықтар

оттықтары мен олардың негізгі тораптарының құрылымдық ерекшеліктері де айқындалады факторлар болып табылады. Сонымен қатар, қазандық пештерінің конструкциялық ерекшеліктері көбінесе ластағыш заттардың шығарындыларын ішкі әдіспен азайту үшін қолданылды.

### **Режимдік параметрлері**

Артық ауа. Нақты жағу құрылғыларында отынның жану тиімділігін анықтайтын артық ауа, азот оксидтерінің эмиссиясы әдетте әрқашан стехиометриялық мәннен асып түседі және пайдаланылған отынға, қазандықтың түріне және оның өлшемдеріне, жанарғылардың түріне және т.б. байланысты қатты отын қазандықтары үшін оңтайлы артық ауа мәні әдетте 1,15-1,25 құрайды. Артық ауаның оңтайлы мөлшерден төмендеуі механикалық және химиялық күйікпен жылу жоғалтудың жоғарылауына әкеледі, бірақ сонымен бірге азот оксидтерінің эмиссиясының төмендеуіне әкеледі. Ауаның артық мөлшерін азайту  $\text{NO}_x$  эмиссиясын төмендету әдісі ретінде қолданылады. (4.17 ЕҚТ 4.1.3-бөлімін қара).

Оттықты жылдамдату (жылу кернеулігі). Оттықты жылдамдату басқа тең жағдайларда көміртозанды жағу кезінде алаудың температурасын және оттықтан шығатын газдардың температурасын, қайнаған қабатта жағу кезінде қабаттағы температураны анықтайды. Көмірді жағу кезінде мәжбүрлеудің жоғарылауы пеш экрандарының, суық ваннаның, сондай-ақ қазандықтың перделік және конвективті жылыту беттерінің тозуына әкелуі мүмкін. Алау ядросындағы температураны ұлғайту азоттың ауа оксидтерінің түзілуін арттыру, сондай-ақ алаудың түбінде азоты бар компоненттердің тотығу жылдамдығын арттыру арқылы  $\text{NO}_x$  эмиссиясының өсуіне әкелуі мүмкін. Алау температурасының төмендеуі (бір немесе екі шаң жүйесінің істен шығуы, отын сапасының нашарлауы және басқалары) қатты отынның жану тиімділігінің төмендеуіне әкеледі, әсіресе төмен реактивті көмірге қатысты, сонымен қатар алаудың сөнуіне әкелуі мүмкін.

Егер  $\text{SO}_2$ -ні әктас немесе құрамында көмір күлінің құрамдас бөліктері бар кальциймен байланыстыру үшін оңтайлы температура жоғарыласа, қайнаған қабат температурасының жоғарылауы күкірт диоксиді үшін азот оксидтерінің көбеюіне әкеледі, Бірқатар себептерге байланысты қабат температурасының төмендеуі химиялық және механикалық күйікпен жылу жоғалуының жоғарылауына, азот оксидтерінің эмиссиясының төмендеуіне әкеледі. Қабат температурасы  $\text{SO}_2$  байланыстыру үшін оңтайлы температурадан төмен төмендеген кезде  $\text{SO}_2$  эмиссиясы қабатқа берілетін әктастың кальцийленуінің нашарлауына байланысты артады.

Қатты отынды тарту және ұсақтау. Көмірді жағу кезінде қатты отынның жану тиімділігіне әсер ететін маңызды факторлардың бірі - көмірді тарту. Бұл жағдайда ұсақтау негізінен жағылатын отынның түрімен анықталады. Көмірдің реактивтілігі



неғұрлым аз болса, соғұрлым ұсақтау қажет. Көмір кесектерін талап етілген деңгейден ірі етіп ұсақтаса, отын механикалық толық жағылмауы, көміртозанды жанарғы дұрыс жұмыс істемеуі мүмкін. Жоғарыда айтылғандай, қатты отынды ұсақтау: ең аз реакцияланған көмір үшін - антрацит- $R_{90}= 6-7 \%$ , арық көмір үшін  $R_{90}= 8-10 \%$ , тас көмір үшін  $R_{90}=20-25 \%$  және қоңыр көмір үшін  $R_{90} = 55-60 \%$ . Екібастұздың тас көмірі үшін ұнтақтаудың оңтайлы ұсақтығы  $R_{90}= 10-14 \%$  құрайды. Көмір кесектерін талап етілген деңгейден ірі етіп ұсақтаса, ұшпа заттың ұсақтау уақыт ішінде шығарылуына және олардың кеш тұтануына байланысты азот оксидтері эмиссиясының біршама төмендеуіне әкелуі мүмкін.

### **Қазандық оттықтарының конструктивтік параметрлері және ерекшеліктері**

Жоғарыда атап өтілгендей, көмірді жағудың үш тәсілі бар: торларда қабатты жағу (Қазақстанның электр энергетикасында пайдаланылмайды және пайдаланылмайды), көміртозанды жағу (алау, құйынды, циклонды), қайнаған қабатта жағу (төмен температуралы, жоғары температуралы, көпіршікті қайнау қабаты - ҚҚҚ, айналымды қайнау қабаты - АҚҚ, атмосфералық және жоғары қысым кезінде жағу). Бұл бөлімде тек факелдік көміртозанды жағу және ҚҚҚ және АҚҚ-да жағу қарастырылады.

Алаумен жағу кезінде азот оксидтерінің эмиссиясын төмендету үшін жанарғы алауына қайталама ауаны берудің сатылық технологиясына негізделген арнайы төмен эмиссиялық жанарғылар пайдаланылады ( $NO_x$  эмиссиясының 30-50 %-ға тең төмендеу дәрежесі кезінде мұндай жанарғылардың сипаттамасы 4.1.3-бөлімінде келтірілген).

Шаңды алдын ала қыздыру жанарғылары ( $NO_x$  эмиссиясын 50-65 % азайту) жанарғыда қосымша отынды жағу және аэроқоспаны  $700 \text{ }^{\circ}\text{C}$  дейін қыздыру жолымен көмір бөлшектерінен ұшпа заттардың қазандық оттығына түскенге дейін бөліну технологиясына негізделген.

Көмірді сатылап жағатын оттықтар: екі сатылы, үш сатылы оттықтар кеңінен қолданылады. Бұл ретте отын берудің сатылығы зауыт жағдайында қазандықты дайындау кезінде бірден салынады немесе жұмыс істеп тұрған қазандықтарды қайта жаңарту жүзеге асырылады. Қазандықтарды қайта құру кезінде жергілікті жағдайларға байланысты технологияны толық немесе ішінара жүзеге асыруға болады. Технологиялардың толық сипаттамасы 4.1.3-бөлімде келтірілген,  $NO_x$  эмиссиясының 20-75 % төмендеуі технологияға байланысты.

Қатты отынды жағу сатылығы сондай-ақ центрлік жағу технологиясын пайдалану кезінде іске асырылады (4.1.3-бөлім;  $NO_x$  эмиссиясының төмендеу дәрежесі 20-50 %).

Айналымдағы қайнаған қабатта  $850-950 \text{ }^{\circ}\text{C}$  қабат температуралары кезінде қатты отынды екі сатылы жағуды пайдалану  $NO_x$  эмиссиясының  $200 \text{ мг/нМ}^3$  дейін және одан төмен төмендеуін қамтамасыз етуі мүмкін (4.1.3-бөлім).



Ca/S=2-3 стехиометриялық ара қатынасы кезінде Ca/S = 2-3 күкірт тұтқыш сорбенттерді пайдалана отырып, ҚҚҚ және АҚҚ-да қатты отынды жағу кезінде көмір күкіртті жағу кезінде түзілетін күкірт диоксидінің 90-95 %-на дейін ұсталады (4.1.2-бөлім).

Қазандықтың пешінде және конвективті шахтасында ҚҚҚ немесе АҚҚ-да ұсақталған қатты отынды жағу кезінде көмірдің күлі мен күлдің физикалық сипаттамаларына байланысты пайда болған күлдің 40 %-на дейін ұсталады. Күлтұтқышқа шығарылатын күл үлесінің азаюы, сонымен қатар ҚҚҚ және АҚҚ ірі дисперсиялығы көміртозанды жағумен салыстырғанда атмосфераға күл шығарындыларын біршама азайтады.

### **5.1.3. Ластағыш заттар шығарындыларының сипаттамасы**

Бұл бөлімде тас көмір және/немесе қоңыр көмірмен жұмыс істейтін ЖЭС-тен ауаға шығарындылардың бақыланатын (өлшенген) деңгейлері туралы ақпарат берілген. Осы салада қолданылатын отын, оның химиялық және физикалық қасиеттері және әдетте күтуге болатын қоспалар туралы ақпарат беріледі. Қолда бар ақпарат бойынша бұл деректер қондырғының энергия тиімділігі туралы және әртүрлі операциялар кезінде туындауы мүмкін қалдықтар туралы ақпаратты қамтиды, сондай-ақ бүкіл процесс ішінде шығыс ағындарын қайта өңдеу және қайта пайдалану нұсқаларын көрсетеді.

Орталар бойынша тоғыспалы деректердің күрделілік дәрежесі әртүрлі кіріс және шығыс деректері арасында өзара байланыс болған жерде, мысалы, әртүрлі параметрлер бір уақытта өңделетін немесе белгілі бір деңгейлерге қол жеткізу мүмкін болмайтындай белгілі бір компромиссқа қол жеткен кезде көрсетіледі.

Өнімділік туралы деректер пайдалану шарттарының бөлшектерін (мысалы, толық жүктеменің баламалы коэффициенті), іріктеу және талдау әдістерін және сандарды статистикалық ұсынуды (мысалы, орташа мәндер, максимумдар, ауқымдар) қоса алғанда, мүмкіндігінше сараланады. Өнімділік туралы нақты деректер мемлекеттік немесе халықаралық заңнамада айқындалған тиісті стандарттармен салыстырылуы мүмкін.

Осы құжаттағы шығарындылар туралы ағымдағы деректер кәсіпорындар жүргізетін және КТА шеңберінде ұсынылған өлшемдер деректері бойынша ұсынылған.

Төмендегілерге сүйенсек, деректер әрдайым жарамды бола бермейді:

қондырғы өнімділігінің тиісті деңгейі жоқ;

әрдайым көрсеткіштер стандартты шарттарға келтірілмейді: 273 К, 101,3 кПа, оттегі мөлшері 6 % және құрғақ газдар;

азот оксидтерін өлшеуге қарама-қайшы тәсілдер;

басқа да көптеген себептер ұсынылған деректерді 100 % сенімділікпен қабылдауға мүмкіндік бермейді.

### 5.1.3.1. Қондырғыда пайдаланылатын тас және қоңыр көмір

Тас және қоңыр көмір қазіргі уақытта ЖЭС-тің қатты отыны болып табылады. Тек жергілікті көмір қолданылады.

Пайдаланылған көмірдің негізгі сипаттамалары 4.6-бөлімде, 4.9-кестеде келтірілген. ЖЭС-те пайдаланылатын көмірдің негізгі түрі Екібастұздың ашық өндірілетін тас көмірі болып табылады, оның айырықша сипаттамасы жоғары күлділігі (40-42 %) және жоғары абразивтілігі болып табылады. Өндірушілердің есептік деректері бойынша күкірттің құрамы 1 %-дан аспайды, жұмыс салмағына орташа есеппен 0,5-0,7 % келеді. Өнім берушінің деректері бойынша Екібастұз көмірінің сипаттамалары 5.2-кестеде келтірілген.

#### 5.2-кесте. Екібастұз көмірінің сипаттамасы

Р/с №	Атауы, өлшемділігі	Белгілеу	Есептік сипаттамалары	Максималды сипаттамалары	Ескертпе
1	2	3	4	5	6
1	Кен орны	Екібастұз, «Богатырь» және «Северный» разрезі			
1.1	Көмір маркасы		КНК		
1.2	Гранулометриялық құрамы	мм	0-300	5 %>300 мм	ҚР СТ 1383-2016 жж
1.3	Жанудың ең төменгі жылуы (жұмыс) ккал/КГ	$Q_{ТН}$	4000	3741	
1.4	Жанудың ең жоғары жылуы (жұмыс) ккал/КГ	$Q_{ТВ}$	4200	3971	
1.5	Жұмыс массасына жалпы ылғалдылық, % аналитикалық ылғал, %	$W^r$	4,5	9,0	
		$W_a$	0,9	1,0	
1.6	Күл: жұмыс массасына, % құрғақ массаға, %	$A^r$	40,3	39,1	$A_{max}^r$
		$A^d$	42,4	43,0	$A_{max}^d$
1.7	Ұшпа заттың шығуы: жұмыс массасына, % ыстық массаға, %	$V^r$	17,3	20,8	ҚР СТ 1383-2010
		$V^{daf}$	31,6	40,0	
1.8	Байланысқан көміртек, %	$C_{fix\ ar}$	37,4	31,1	
1.9	Берілген сипаттамалар: % * КГ / МДж: ылғал күл күкірт	$V_{пр}^r$	0,299	0,575	
		$A_{пр}^r$	2,41	2,496	
		$S_{PR}^r$	0,0263	0,051	
1.10	Ұнтақталу қабілетінің коэффициенті БТИ әдісі бойынша	$K^{ВТО}$	1,14		

	Хардгроу бойынша	K <sub>HG</sub> бойынша	-	1,33	
2.	Көмір мөлшері				
2.1	50 мм-ден астам	%	50		
2.3	2 мм артық емес	%	10		
2.4	Тотығу және жарылғыштыққа бейімділігі		2-топ		
2.5	Жарылғыштық өлшемшарттары	Кг	1-1,5		
2.6	Жарылыс қауіпі бар топ		1-2-топ		
3	Отынның жұмыс салмағына шаққандағы құрамы				
3.1	Ылғал, %	W <sup>r</sup>	5,0	9,0	
3.2	Күл, %	A <sup>r</sup>	40,3	39,1	
3.3	Күкірт, %	S <sup>r</sup>	0,7	1,2	
3.4	Көміртек, %	C <sup>r</sup>	44,6	43,7	
3.5	Сутегі, %	H <sup>r</sup>	2,74	2,18	
3.6	Азот, %	N <sup>r</sup>	0,88	0,82	
3.7	Оттегі, %	O <sup>r</sup>	6,04	4,4	
3.8	Компоненттер сомасы, %		100	100	
4	Күлдің температуралық сипаттамасы				
4.1	Күлдің балку температурасы, °C	t <sub>A</sub>	1490-1500		
4.2	Күл деформациясының басталу температурасы, °C		1110-1310		
4.3	Жартылай сфераның температурасы (күлдің жұмсала басталуында)	t <sub>B</sub>	1300		
4.4	Күлдің сұйық балку күйіндегі температурасы, %	t <sub>C</sub>	1500		
4.5	Қождың сұйық күйіндегі температурасы, °C	t <sub>O</sub>			
4.6	Қождауды бастау температурасы (есептік), °C	t <sub>шД</sub>	1080±20		
5	Күлдің химиялық құрамы, %				
5.1	SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	62		
5.2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,5		
5.3	TiO <sub>3</sub>	TiO <sub>3</sub>			
5.4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,6		
5.5	CaO	CaO	1,95		
5.6	MgO	MgO	0,7		

5.7	K <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	0,75		
5.8	Na <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O			
5.9	TiO <sub>2</sub>		1,3		
5.10	SO <sub>3</sub>		1,4		
5.11	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,8		
6	Толық химиялық талдау (құрғақ массаға)				
6.1	хлорин, рmm	Cl	0,04	0,4	
6.2	фтор, рmm	F	табылған жоқ		
6.3	сынап, рmm	Hg	табылған жоқ		
6.4	бор, рmm	B	табылған жоқ		
6.5	селен, рmm	Se	табылған жоқ		
7	Физикалық қасиеттері				
7.1	Сусымалылық		жақсы	қанағаттанарлық	
7.2	W <sup>f</sup> > кезіндегі қатқылдық		қатпайды	қатпайды	
7.3	Көмірдің химиялық белсенділік тобы				

### 5.1.3.2. Тас және қоңыр көмірмен жұмыс істейтін жағу қондырғыларының энергия тиімділігі

5.3 және 5.4-кестелерде түрі мен қуатына байланысты көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларының жалпы есептік ПӘК-і келтірілген.

#### 5.3-кесте. КЭС-те көмірді жағуға арналған энергия тиімділігінің деңгейлері

P/c №	Жану агрегатының түрі	ҚР-да қол жеткізілген ПӘК, %
		Қолданыстағы қондырғылар
1	2	3
1		33,0 - 35,0

#### 5.4-кесте. ЖЭО мен қазандықтарда көмірді жағуға арналған энергия тиімділігінің деңгейлері

P/c №	Жану агрегатының түрі	ҚР-да қол жеткізген
		Қолданыстағы қондырғылар
1	2	3
1		46 - 74
2		30 - 43
3	Көмірмен жұмыс істейтін, <100 МВт	35 - 52

#### 5.5-кесте. ЖЭС түрлі технологиялары бойынша неттоның (Q<sub>H</sub><sup>P</sup>) стандартты энергия тиімділігі

P /	Көміргозанды қазандық	Кешенді газдан дыруд
-----	-----------------------	----------------------

с	ЖЭС техноло гиясы					ндығ ы	ың аралас циклі
12	3					4	5
1	Электр қуаты	600 МВт	750 МВт	412 МВт	375 МВт	808 МВт	250 МВт 3 1 8 МВт
2	Б у қысымы	180 бар	260 бар	300 бар	190 бар	268 бар	163 бар 1 1 5 бар
3	Өткір будың темпера турасы	540 С	600 С	580 С	540 С	547 С	565 С 507 С
4	І аралық б у қыздырғ ыштың темпера турасы	540 С	620 С	580 С	540 С	550 С	565 С -
5	І І аралық б у қыздырғ ыштың темпера турасы	-	-	580 С	-	-	- -
6	Конденс атордың қысымы	33 мбар	39 мбар	21 мбар	61 мбар	40 мбар	4 4 7 0 мбар мбар
7	Салқын дату жүйесі	Теңіз суы	Градирня	Теңіз суы	Градирня	Градирня	Град ирня Градир ня
8	Отын түрі	Көмір	Көмір	Көмір	Қоңыр көмір *	Қоңыр көмір	Қоң ыр көмі р Көмір/ Мұнай коксы
9	Электр ПӘК нетто, %	41,2	45,5	47,5	37,5	40–43	38,8 42,5

\* қоңыр көмірдің сипаттамасы: 5440 МДж/КГ - 14.6 % күл;

дереккөздер: [1, Eurelectric 2012 ] [123, Eurelectric 2001].

26 630 кДж/кг 1 % күкірт, 7 % ылғал және 16 % күл) ластағыш заттардың шығарындылары бірдей (SOX = 200 мг/нм3 - O2 = 6 %, NOX = 200 мг/Нм3, шаң 50 мг/Нм3), бірақ әр түрлі бу циклы.

5.6-кесте. Бу сипаттамаларының әртүрлі жағу процестері бойынша есептік тиімділікке әсері

	Бу қысымы/ температура / конденсатор қысымы	АҚҚ	ҚҚҚ	
--	---	-----	-----	--

Р/с №				Кешенді газдандырудың аралас циклі
1	2	3	4	5
1	165 бар, 2 x 565 рс, 45 мбар	38,5 %	38,0 %	44,5 %
2	ыстық газбен тазартатын 165 бар, 2 x 565 рс	д/ж	д/ж	47,0 %
3	250 бар, 2 x 565 рс, 45 мбар	42,0 %	41,5 %	д/ж
4	300 бар, 3 x 580 рс, 45 мбар	45,0 %	44,5 %	

ескертпе:

РС: көміртозанды жағу;

AFBC: сұйылтылған қабаты бар атмосферада жағу;

IGCC: аралас газдандырудың аралас циклы;

д/ж: деректер жоқ;

дереккөз: [123, Eurelectric 2001].

Бу турбинасындағы ыстық бу температурасының жоғарылауымен электр станциясының таза тиімділігі артатыны белгілі. Ыстық будың жоғары температурасы үшін қымбат премиум-сыныпты материалдар қажет. Екінші жағынан, электр станциясының құрамдас бөліктерінің тиімділігін арттыруға болады. Мысалы, қосарлы қыздыру циклын пайдалану электрлік ПӘК нетто шамамен 0,8 % ұлғайтады. Алайда, көптеген стандартты бу турбиналары қосарлы қыздыру циклын жүзеге асыруға бейімделмеген. Бұл көбінесе бу турбинасының инвестициялық шығындарының едәуір артуына әкелуі мүмкін, сондықтан бұл әдіс белгілі бір объектілер үшін тиімсіз болуы мүмкін.

ЖЭС тиімділігіне әсер ететін басқа аспектілер:

**Пайдаланылған техника:** мысалы, АҚК кәдімгі көміртозанды қазандыққа қарағанда өз қажеттіліктері үшін (ауаны бөлу блогы, газды өңдеу және компрессор үшін), тіпті отынды тордың бетіне біркелкі лақтыра отырып жағатын механикалық немесе қабатты пештен гөрі көп тұтынатын түтін газдарын өңдеген кезде де көп энергия жұмсайды.

**Ластануды бақылау деңгейі:** жетілдірілген дусульфуризация жүйесі көп қуат жұмсайды. Бұдан басқа, жалпы ластанумен күрес жөніндегі шаралар тиімділікке теріс әсер етеді.

**Қосалқы құрылғылардың конструкциясы:** қазандықтың қосалқы құрылғылары олардың есептік мәндерімен салыстырғанда параметрлердің барлық өзгерістерін ұстап тұру үшін габаритті емес болуы тиіс (яғни ықтимал ағып кетулер, отынның баламалы түрлері, іске қосу кезіндегі қажеттіліктер, резервтік жүйелер және т.б.). Бұл оңтайлы жағдайда және жобалық отынмен салыстырғанда энергияны тұтынудың өзгеруіне әкеледі.

**Көміртекті тұту қондырғысын қолдану:** бұл энергияны көп қажет ететін процесс таза электр тиімділігін шамамен 8-12 пайыздық тармаққа төмендетеді.

**Көмірді алдын ала кептіру:** түтін газының шығынын айтарлықтай азайтады. Жалпы жағдайда электрлік тиімділікті 4-6 пайыздық тармаққа арттыруға болады.

**Қазандықтың тиімділігі:** жаңа қазандықтарда шамамен 86-95 % (Q<sub>нр</sub>) болатын тиімділік қазіргі уақытта қатты отынмен бекітіледі және оны оңай көбейту мүмкін емес. Негізгі шығындар қазандықтың артындағы шығатын газдардың шығатын жылуымен, шығарылымдағы отынның күйіп қалуымен, пайдаланылған жылумен және жылу радиациясының жоғалуымен байланысты. Жанармайдың әсері де маңызды. Егер қазандықтар бірдей сипаттамаларға ие болса (мысалы, қоршаған орта температурасы мен түтін газының температурасы, бірдей артық ауа және т. б.), қазандықтың әр түрлі тиімділігі әлі де қолжетімді және олар отынға байланысты, мысалы (Q<sub>нр</sub> негізінде):  
халықаралық көмір: ПӘК 95 %;  
Қазақстан Республикасының тас көмірі: ПӘК 91 %;  
төмен сұрыпты қоңыр көмір: ПӘК 85 %.

### 5.1.3.3. Көмірді жағу кезінде атмосфераға ағымдағы шығарындылар

Атмосфералық ауаға ластағыш заттардың эмиссиясы ең маңызды көрсеткіштер болып табылады, олар мыналарды көрсетеді:

- 1) газ тазалау сапасы және шығарындыларды төмендету бойынша қолданылатын технологиялар туралы стандартты шарттарға келтірілген (мг/нм<sup>3</sup>) түтін газдарындағы ластағыш заттардың шоғырлануы түрінде көрсетіледі;
- 2) белгіленген газ тазарту жүйелерімен бірге өндірістің тиімділігі туралы өндірілген өнім бірлігіне үлестік шығарындылар (кг/ГДж) ретінде көрсетіледі.

Эмиссиялардың ағымдағы деңгейлерін талдау жанатын отынның қуаты мен түріне қарай топтастырылған отын жағатын қондырғылар үшін орындалды.

Алдын ала бағалау бойынша, қуаттылығы 50 МВт-тан асатын 400-ге жуық отын жағатын қондырғылар анықталды, олардың ішінде қуаттылығы 100- 300 МВт болатын қондырғылар басым.

### 5.7-кесте. Қуат және отын түрі бойынша отын жағатын қондырғылардың градациясы

Р/с №	Қондырғының бу өндіруі	Жылу қуаты	Отын жағатын қондырғылар саны				Градация
			барлығы	көмір	газ	мазут	
1	2	3	4				5
1	т/сағ	МВт	барлығы	көмір	газ	мазут	қуаты бойынша
2	<140	<100 МВт	121	34	73	14	30 %
3	140-420	100-300 МВт	204	100	104	0	51 %
4	420-1400	300-1000 МВт	65	51	14	0	16 %
5			10	10	0	0	3 %
6			400	195	191	14	100 %

7	Отын түрі бойынша градация	100 %	49 %	48 %	4 %	
---	----------------------------	-------	------	------	-----	--

Ірі жағу қондырғыларының экологиялық сипаттамалары туралы ақпарат пен деректер КТА жүргізу шеңберінде 2015-2019 жж.кезеңінде жиналды. Басқа әдістердің ішінде нақты қондырғыларға арналған сауалнамалар да қолданылды. Сауалнамалардың мақсаты - кәсіпорын деңгейінде ақпарат алу және қолданыстағы отын жағатын қондырғылардың экологиялық сипаттамалары туралы мәліметтер алу болды.

Кәсіпорындардың есептік деректерінің, Статистика агенттігінің статистикалық деректерінің жиналған деректері мен ақпараты салалық есепті жасау кезінде пайдаланылды.

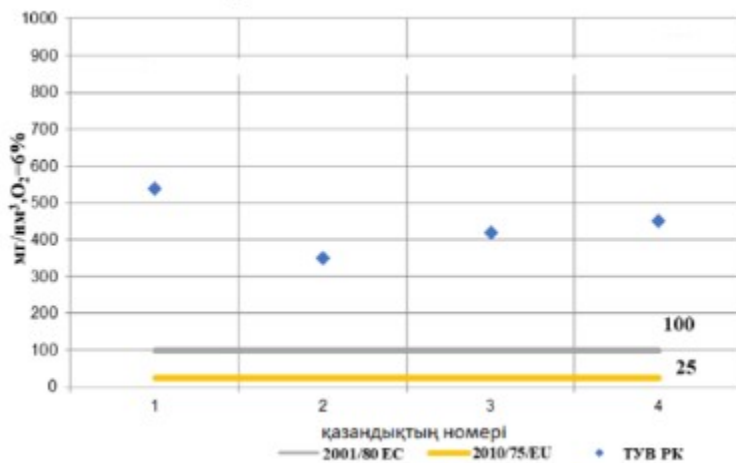
Төменде қабылданған градацияға сәйкес негізгі ластағыш заттар эмиссиясының деңгейлері бойынша деректер келтіріледі.

Шығарындылардың ағымдағы деңгейлері (ШАД) талаптармен салыстырғанда ұсынылған:

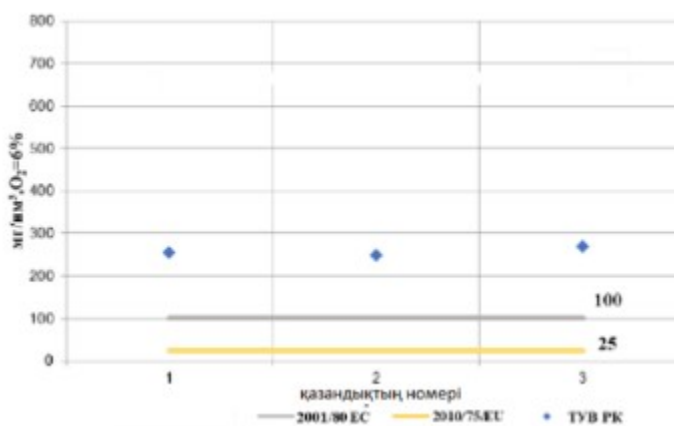
2001/0 ЕО Еуропалық директивасы;

Еуропалық директива 2010/75 EU.

**100 МВт кем қазандықтар,  $\text{мг/нм}^3 \text{O}_2=6\%$  кезінде (5.12 -5.16-суреттер)**

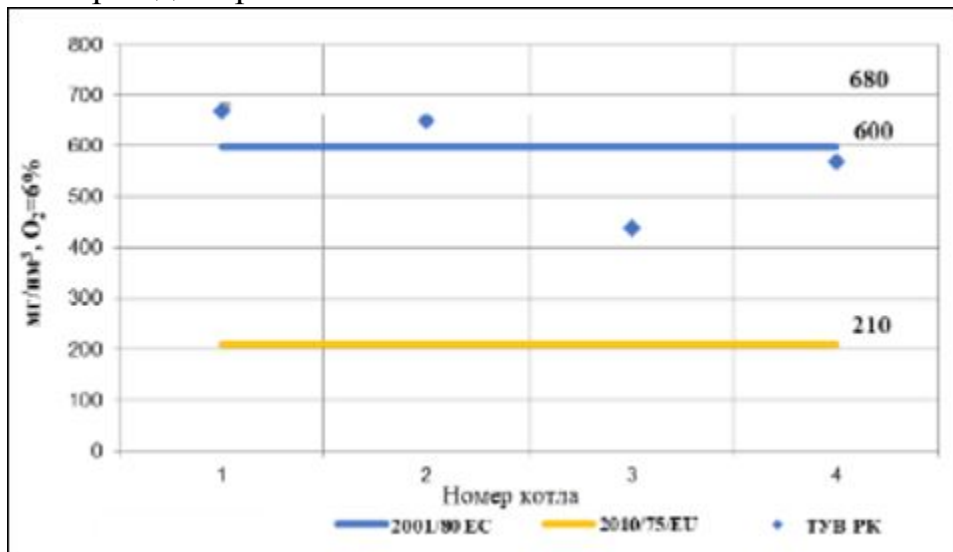


5.12-сурет.  $A_{\text{пр}} > 2,5\%$  кг/МДж,  $Q_A < 100$  МВт кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары

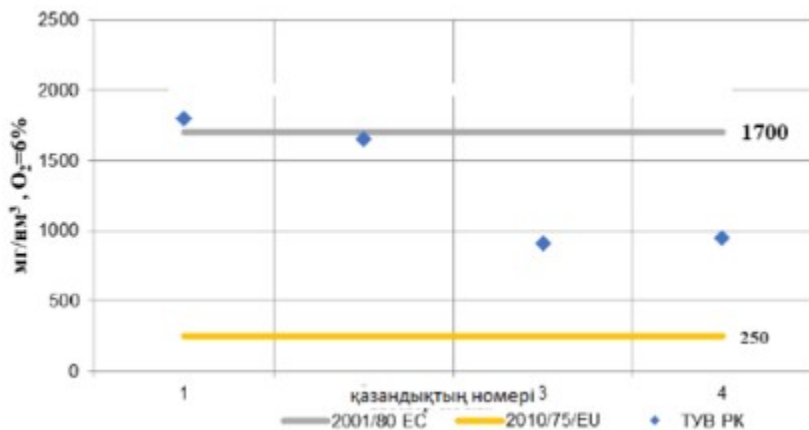




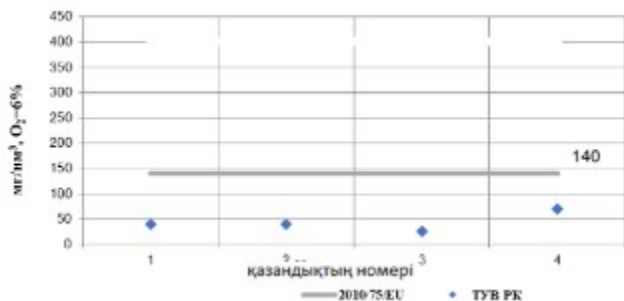
5.13-сурет.  $A_{пр}$  кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары



5.14-сурет. Азот диоксидінің ( $NO_x$ ) үлестік шығарындылары

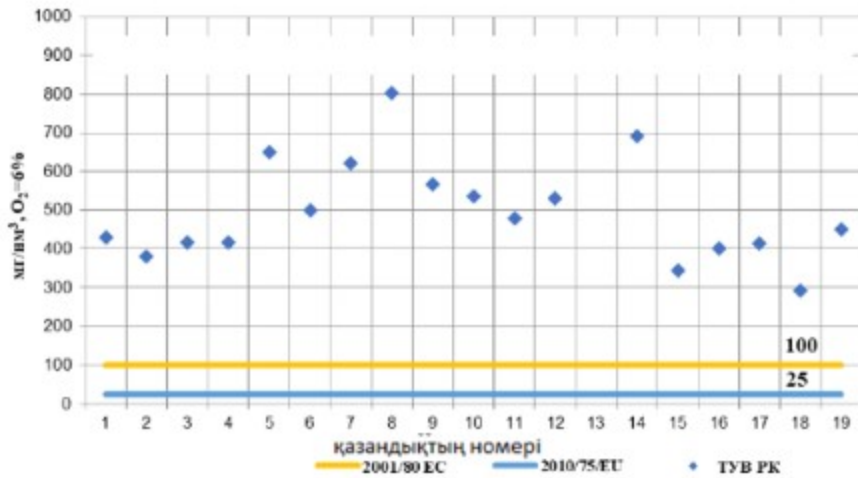


5.15-сурет. Күкірт қостотығының ( $SO_2$ ) үлестік шығарындылары

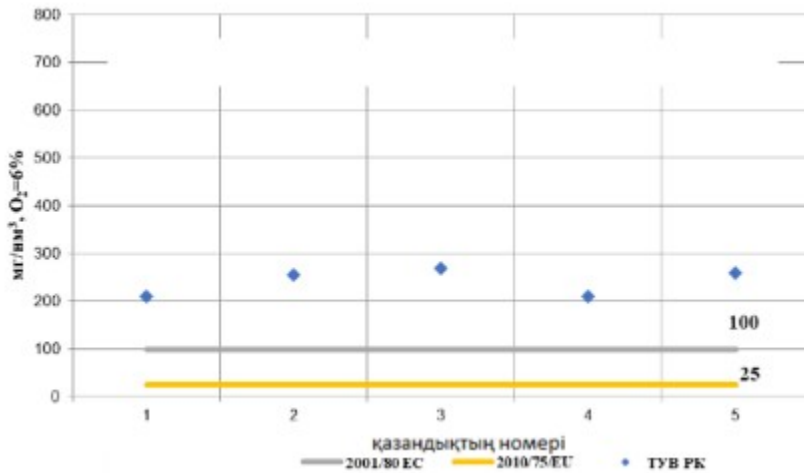


5.16-сурет. Көміртегі тотығының ( $CO$ ) үлестік шығарындылары

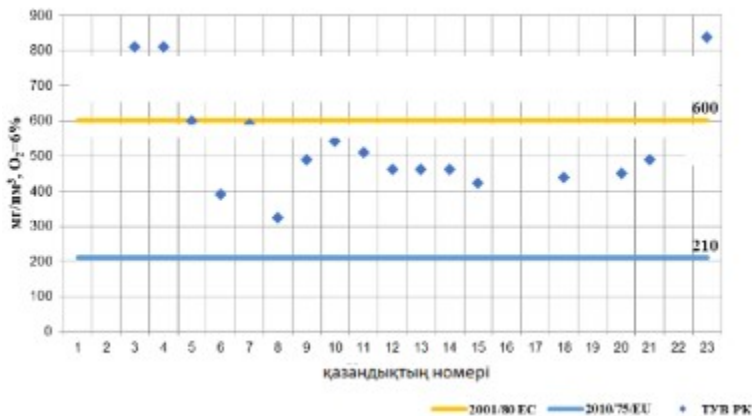
$O_2 = 6\%$  кезінде қазандықтар 100÷300 МВт,  $mg/nm^3$  (5.17 -5.21 суреттер)



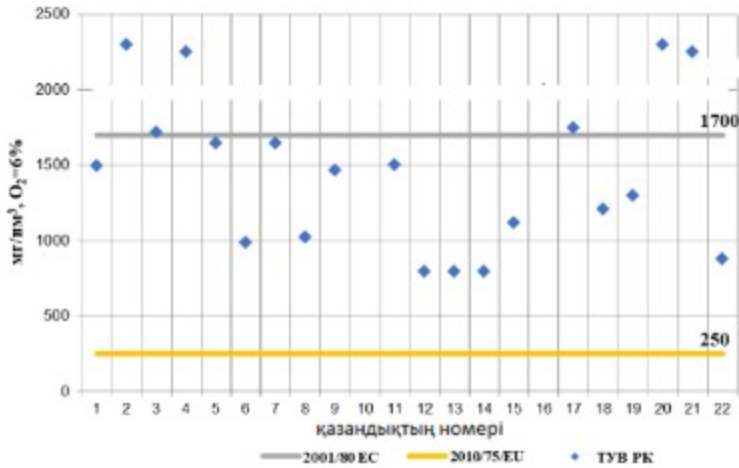
5.17-сурет.  $A_{пр} > 2,5\%$  кг/МДж, ҚА 100-300 МВт кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары



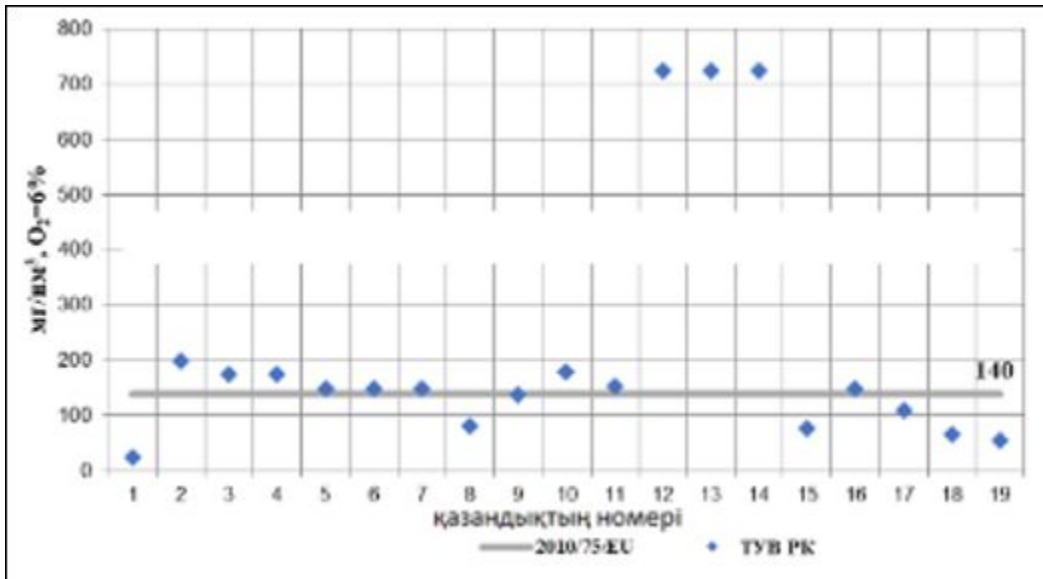
5.18-сурет. Апр кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары



5.19-сурет. Азот диоксидінің(NO<sub>x</sub>) үлестік шығарындылары

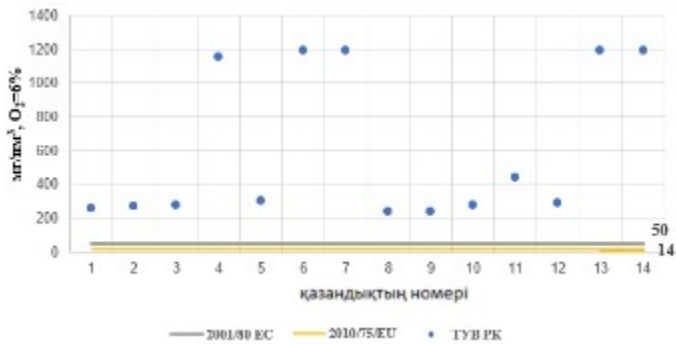


5.20-сурет. Күкірт қостотығының (SO<sub>2</sub>) үлестік шығарындылары



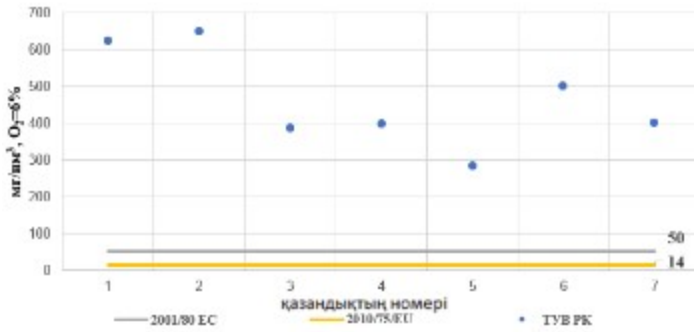
5.21-сурет. Көміртегі тотығының (CO) үлестік шығарындылары

O<sub>2</sub> = 6 % кезінде қазандықтар 300÷1000 МВт, мг/нМ<sup>3</sup> (5.22 -5.27 суреттер).

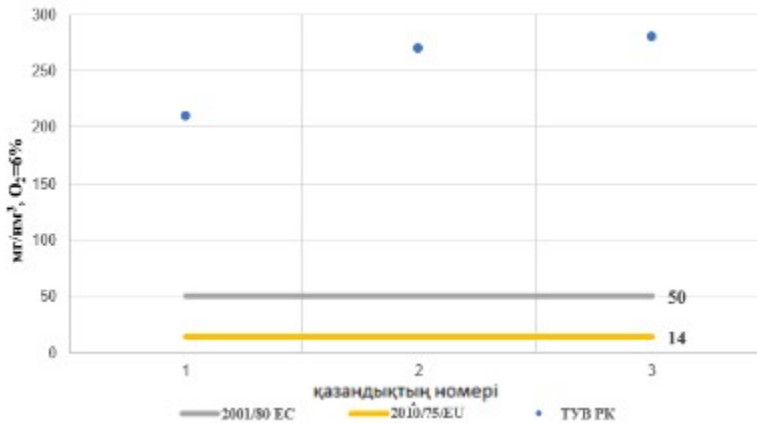


5.22-сурет. A<sub>пр</sub> > 2,5 % кг/МДж, ҚА 300-1000 МВт кезінде электр сүзгілердің

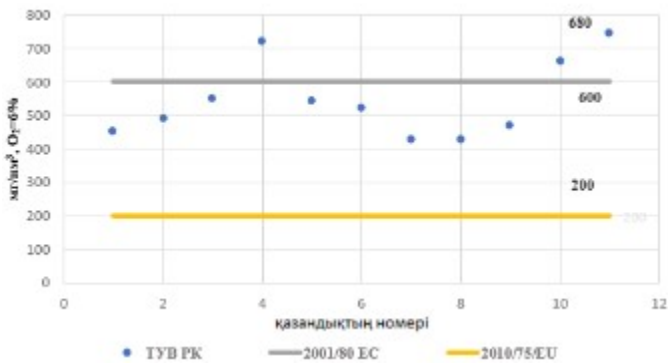
артындағы шаңның үлестік шығарындылары



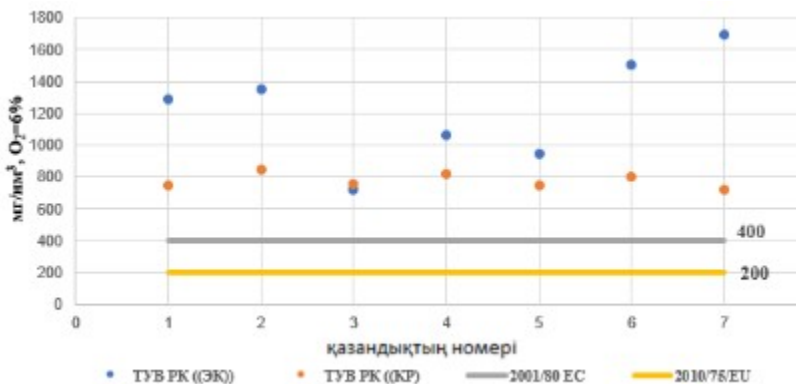
5.23-сурет.  $A_{пр} > 2,5 \%$  кг/МДж кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары



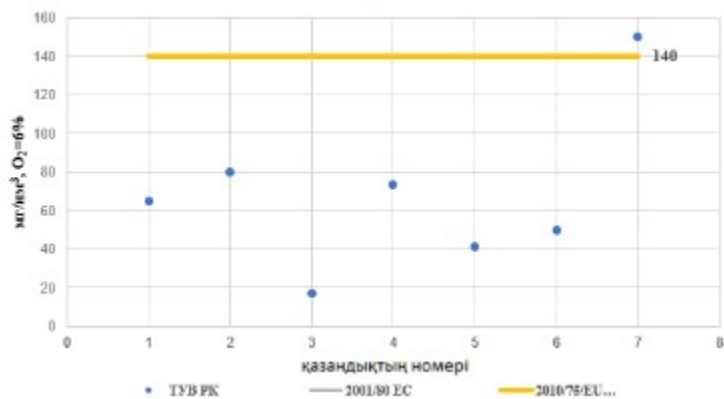
5.24-сурет.  $A_{пр} > 2,5 \%$  кг/МДж кезінде эмульгаторлардың артындағы шаңның үлестік шығарындылары



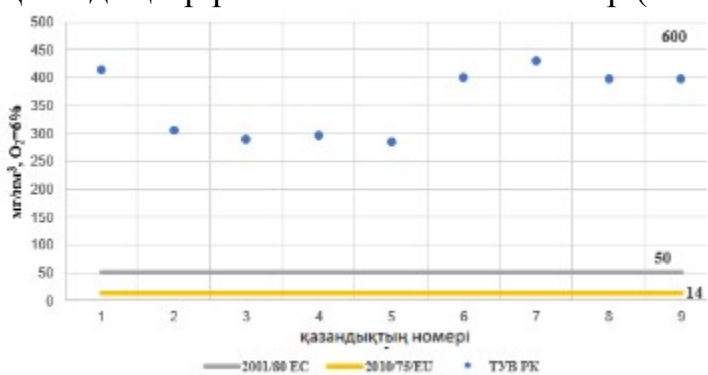
5.25-сурет. Азот диоксидінің ( $NO_x$ ) үлестік шығарындылары



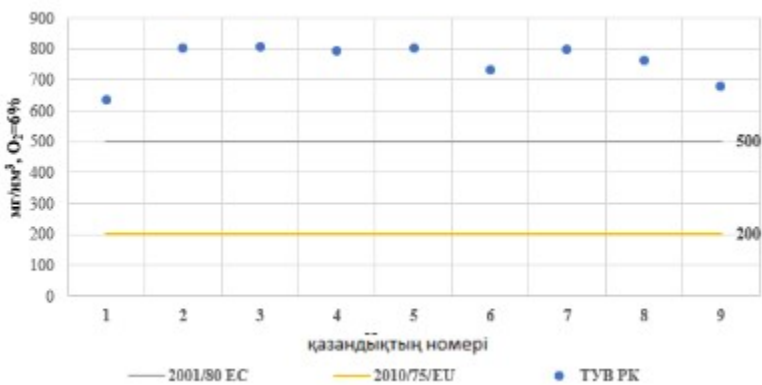
5.26-сурет. Күкірт қостотығының (SO<sub>2</sub>) үлестік шығарындылары



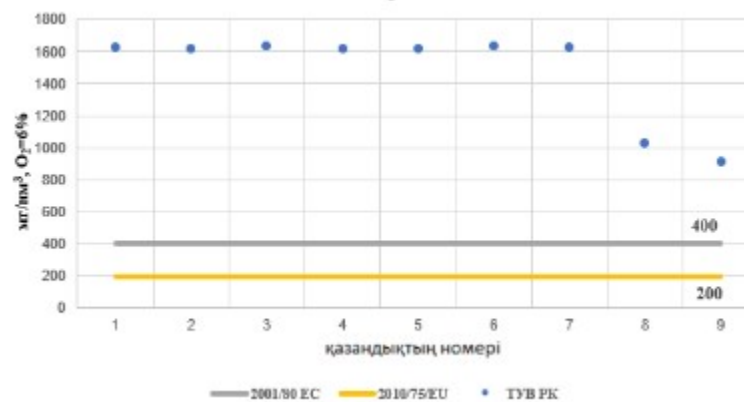
5.27-сурет. Көміртегі тотығының (CO) үлестік шығарындылары  
Қазандықтар р 1000 МВт. Отын - көмір (5.28-5.30-суреттер).



5.28-сурет. Шаңның үлестік шығарындылары



5.29-сурет. Азот диоксидінің (NO<sub>x</sub>) үлестік шығарындылары



5.30-сурет. Күкірт қостотығының (SO<sub>2</sub>) үлестік шығарындылары

Шығарындылардың ағымдағы деңгейлері бойынша жиынтық деректер

5.8-кестеде келтірілген.5.8-кесте. Шығарындылардың ағымдағы деңгейі бойынша жиынтық деректер

P/c №	Отын жағатын қондырғының жалпы есептік жылу қуаты МВт (жылу)	Келтірілген отын күлділігі, % * КГ / МДж	мг/Нм <sup>3</sup> кезінде e= 1,4	Келтірілген күкірт, % * КГ / МДж	мг/нм <sup>3</sup> кезінде e= 1,4	мг/нм <sup>3</sup> кезінде e= 1,4	мг/нм <sup>3</sup> кезінде e= 1,4
			қатты бөлшектер	% * КГ / МДж	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Қатты отын						
1.1	50-100	0,6 - 2,5	255-270 (260)	0.045 және одан төмен	910-950	440-670 (570)	40-70 (100)
		2,5 көп	350-540(400)	0.045 көп	1650-1800		
1.2	100–300	0,6 - 2,5	200-270 (250)	0.045 және одан төмен	700	300- 800 (600)	50-200(150)
		2,5 көп	350-800 (400)	0.045 көп	2000		
1.3	300–1 000						
1.4	электр сүзгілері	0,6 - 2,5	200-270 (250)	0.045 және одан төмен	1600-1700	400-700 (650)	20-140 (100)
1.5	эмульгаторлар	2,5 көп	300-600 (400)	0.045 көп			
1.6		0,6 - 2,5		0.045 және одан төмен	1600-1700	750- 800 (800)	
1.7	электр сүзгілері	2,5 көп	300-400 (300)	0.045 көп			
2	Газ тәрізді отын						
2.1	< 100						
2.2	100–300					195-395 (300)	40-70 (50)
2.3	300–1 000					245-360 (300)	17-214 (100)
3	Сұйық отын						
3.1	< 100						
3.2	100–300		-		1200-1550	400-600	30-40
3.3	300–1 000		-		740-1000	350-570	15-50

5.9-кестеде тас көмірмен және қоңыр көмірмен жұмыс істейтін қондырғылардың үлгісі бойынша қазандықтың шыға берісіндегі шығарындылардың шоғырлануы келтірілген.

5.9-кесте. Қайталама әдістерсіз қолданыстағы қондырғылар бойынша NO<sub>x</sub> шығарындыларының деңгейі

P/c №	Жағу жүйесі	NO <sub>x</sub> төмендемейтін көмір (мг/Нм <sup>3</sup> )	Жанарғының NO <sub>x</sub> деңгейі төмен көмір (мг/Нм <sup>3</sup> )	NO <sub>x</sub> төмендемейтін қоңыр көмір (мг/Нм <sup>3</sup> )	Бастапқы әдістері бар қоңыр көмір (мг/Нм <sup>3</sup> )
1	2	3	4	5	6

1	ҚҚЖ	Көлденең жағу жүйесі	1 000–1 500	500–650	Д/Ж	Д/Ж
		Тангенциалды жағу жүйесі	600–900	400–650	400–700	200–500
		Тігінен жағу жүйесі	700–900	Д/Ж	Д/Ж	Д/Ж
		Инвертті оттығы бар жағу жүйесі	2 000-ға дейін	1 000–1 200	Д/Ж	Д/Ж
2	СҚЖ	Циклонды жағу жүйесі	1 500–2 500	1 000–2 000	Д/Ж	Д/Ж

ескертпе:

д/ж: деректер жоқ;

DBB: қатты қож шығаратын қазандық;

WBB: сұйық қож шығаратын қазандық;

дереккөз: [123, *Eurelectric 2001*] [62, *UK-TWG 2012*].

Металл шығарындылары

Жағу кезінде металдар металл түрінде, сондай-ақ хлоридтер, оксидтер, сульфидтер және т.б. түрінде ұшпа болады. Бұл металдардың көпшілігі 300 іС-қа дейінгі температурада конденсацияланады және шаң бөлшектеріне (күл шаңына) сіңеді.

Түтін газдарын тазартуға және түтін газдарын күкіртсіздендіруге арналған жүйелер түтін газдарынан металдардың көп бөлігін, яғни пеш күлінде немесе қожда ұсталмайтындарды алып тастай алатындығы көрсетілген. Демек, тазартылған түтін газындағы қатты металл бөлшектерінің шығарындылары түтін газын тазарту жүйелерімен жабдықталған жану қондырғыларында өте төмен.

Әр түрлі жүктемелердің әсерін бағалау және металдардың массалық теңгерімінде әр түрлі көмірді жағу үшін қатты қож шығаратын қазандықтағы тәжірибелер келесі нәтижелерді берді:

түтін газы арқылы сынаптың газ тәрізді шығарындыларының көп бөлігі көмірдегі хлор мен кальцийдің құрамына байланысты. Хлор екі қарсы іс-әрекет жасай алады. Ол сынап газының үлесін арттырады, сонымен қатар HgC<sub>12</sub> сияқты дымқыл FGD-де сынаптың шығарылуын жақсартады, оны оңай жууға болады. Кальций ESP-де сынаптың шығарылуын жақсартады;

металлдарды қазандық күліне біріктіру көмірдің химиялық құрамына байланысты емес; металдардың күл шаңына интеграциясы көмірдің химиялық құрамына тәуелді емес, бірақ қазандықтың жүктемесіне байланысты, өйткені максималды деңгейге толық жүктеме арқылы қол жеткізіледі;

IGCC қондырғылары жағдайында жоғары қайнау температурасы бар төмен ұшатын металдар тұтылып, шыны тәрізді қожға тиімді иммобилизацияланады. Жоғары құбылмалылығы бар металдардың көпшілігі синтездік газды тазарту арқылы конденсацияланып, тұтылуы мүмкін.

5.10-кестеде ESP және дымқыл скруббермен күкіртсіздендіру қолданылған тас көмірмен жұмыс істейтін үш электр станциясында жүргізілген металл өлшемдері бойынша мәлімет келтіріледі.

5.10-кесте. Тас көмірмен жұмыс істейтін жағу қондырғыларының үш мысалы берілген металл жолдары

P/ с №	Заттар	Әртүрлі технологиялық ағындардағы металдар саны (%)			Шығарындылар*
		ESP-ден оттық күлімен және күл шаңымен жойылады	Сарқынды суларды тазарту қондырғысының FGD + құрғақ сүзілген шламы соңғы өніммен жойылады	Түтін құбыры арқылы ауаға шығару үлесі	Шығарындылардағы шоғырлану (мкг/нм <sup>3</sup> )
1	2	3	4	5	6
1	Мышыяк (As)	97–98,7	0,5–1,0	0,3–2	0–5
2	Кадмий (Cd)	95,2–97,6	0–1,1	2,4–3,6**	0–5
3	Хром (Cr)	97,9–99,9	0–0,9	0,1–0,5	0–5
4	Меркурий (Hg)***	72,5–82***	0–16	5,1–13,6***	0–5
5	Марганец (Mn)	98–99,8	0,1–1,7	0,1	0–5
6	Никель (Ni)	98,4–99,8	0,2–1,4	0,1–0,4	0–5
7	Қорғасын (Pb)	97,2–99,9	0–0,8	0,1–1,8	0–5
8	Ванадий (V)	98,4–99,0	0,9–1,3	0,2–0,3	0–5

\* шығарындылардың мөлшері индикативті болып табылады және газдар мен қатты бөлшектердің шығарындыларын қамтиды. Шығарындылардағы барлық металдардың концентрациясының бөлшектерін жақсы алып тастағанда, әдетте 1 мкг/нм<sup>3</sup>-тен төмен немесе осы шамаға жуық;

\*\* кадмий шығарындыларының мөлшері әдебиетте сипатталғаннан гөрі осы өлшемдерде жоғары болды;

\*\*\* сынапты кетірудің тиімділігі жоғары болды, ал шығарындылар мөлшері әдебиеттердегі мөлшерден төмен болды. Әдебиеттерде сынаптың шамамен 20-30 %-ы ауаға шығарылады және тек 30-40 %-ы ESP арқылы шығарылады.  
дереккөз: [130, Finland 2000].

#### 5.1.4. Ең үздік қолжетімді технологиялар. Ықтимал әдістер

Бұл бөлімде тек жағу технологиялары қарастырылады: жағудың көміртозаңды әдістері (КТ), көпіршікті қайнаған қабатта (КҚҚ), айналымдағы қайнаған қабатта (АҚҚ), қысыммен қайнаған қабатта (ҚҚҚ) жағу. Бұл ретте қоршаған ортаға ластағыш



заттардың эмиссиясын төмендетуді қамтамасыз ететін жоғарыда аталған төрт жағу технологиясына қатысты әдістер, тәсілдер мен технологиялар қаралды. Желтартқыш тор қабатындағы жағу қарастырылмайды, өйткені бұл технология қазақстандық жылу электр энергетикасында қолданылмайды. Сондай-ақ, бу параметрлерін шектен кем қысымнан шектен асқан қысымға (ШАҚ) дейін және будың ШАҚ-тан супер шектен асқан параметрлерге (СШАП) дейін арттыру арқылы жылу тиімділігін арттыру әдістері, сондай-ақ тиімділікті арттыратын басқа да тәсілдер қарастырылған жоқ. Бұл әдістер мен технологиялар жоғарыда қарастырылды.

Қатты отынды жағу технологияларын қарастыру кезінде (5.1-бөлімді қараңыз) ЕҚТ жаңа қазандықта да, жаңғыртылған қазандықта да азот оксидтерінің эмиссиясын төмендетудің бастапқы әдістерін қолданатын және сонымен бірге жағу тиімділігін арттыруды қамтамасыз ететін технологиялар болып саналады.

#### 5.1.4.1. Қатты отынды түсіру, сақтау және қайта өңдеу кезіндегі техникалар

5.11-кестеде ластағыш заттар (ЛЗ) бойынша қатты отынды, қатты және сұйық қоспаларды түсіру, сақтау, беру және қайта өңдеу кезінде қоршаған ортаға эмиссиялардың алдын алуға арналған ЕҚТ ұсынылған.

5.11-кесте. Қатты отынды түсіру, сақтау, беру және қайта өңдеу кезіндегі ЕҚТ

Р/с №	Техникасы	Техниканы қолдану мақсаты	Қолданылуы		Қолданыстағы объектілерде өнеркәсіптік енгізу	Ескертпе
			Жаңа қондырғылар	Қолданыстағы қондырғылар		

1	2	3	4	5	6	7
1	Аспирациясы бар жабық үй-жайларда қатты отынды түсіру	Атмосфераға шанданудың алдын алу	мүмкін	мүмкін	иә	
2	Қатты отынды өңдеу кезінде оның құлауының ең төменгі биіктігін қамтамасыз ететін жабдықты пайдалану.	Атмосфераға шандануды азайту	мүмкін	мүмкін	иә	
3	Ашық көмір қоймаларының шеткері бойымен желден қорғау қоршауларын орнату.	Атмосфераға шандануды азайту	мүмкін	мүмкін	жоқ	
4	Қатардың ішінде тотығу салдарынан отынның жоғалуын болғызбау және көмір мен шаңның тотығу өнімдерімен атмосфераның ластануын азайту үшін	Атмосфераға отын шығынын және шандануды азайту	мүмкін		иә	

	Көмір қатарларын тығыздау немесе герметизациялау.			мүмкін		
5	Отынды қайта өңдеу кезінде қайта салу тораптарында шаңды тұтып қалу және шаңды басу үшін құрылғыларды және әдістерді қолдану.	Шаңдануды азайту	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 67a-67з
6	Отын беру үй-жайларында гидро-және пневмовакуумды жинауды қолдану.	Шаңдануды азайту	мүмкін	мүмкін	иә	
7	Аспирация жүйесі бар отынды жабық галереялық конвейерлік тасымалдау.	Шаңдануды азайту	мүмкін	мүмкін	иә	
8	Көмір қоймасы алаңының гидрооқшаулау және дренаж жүйесінің құрылысы.	Топырақ пен жерасты суларының ластануын болғызбау	мүмкін	мүмкін	жоқ	
9	Сарқынды сулармен төгу немесе оны қайта пайдалану алдында дренаж жүйесінің ағындыларын жинау және тазалау	Ұйымдастырылмаған төгінділерді азайту	мүмкін	мүмкін	жоқ	
10	Түтіндеу және жану ошақтарын автоматты тексеру және анықтау жүйесімен көмір қоймасын жабдықтау.	Отын шығынының және атмосфераға ЛЗ эмиссиясының азаюы	мүмкін	мүмкін	жоқ	

#### 5.1.4.2. Майлармен жұмыс істеу техникалары

ЭҚ-да майлармен жұмыс істеу технологиясы, оны түсіруді, сақтауды, дайындауды, тазалауды, тасымалдауды қоса алғанда, оларды қолданудың салаларын, шарттары мен шектеулерін ескере отырып, 3.9-бөлімде көрсетілген техниктер, жабдықтар, құрылғылар қолданылған жағдайда, сондай-ақ төмендегі кестеде ЕҚТ ретінде жіктелуі мүмкін.

5.12-кесте. Тас және қоңыр көмірді жағуға арналған ЕҚТ энергия тиімділігінің шекті деңгейлері

			Қолданылуы	Жұмыс істеп тұрған	

Р/с №	Техникасы	Техниканы қолдану мақсаты	Жаңа қондырғылар	Қолданыстағы қондырғылар	объектілер де өнеркәсіпті к енгізу	ЕҚТ номері
-------	-----------	---------------------------	------------------	--------------------------	------------------------------------	------------

1	2	3	4	5	6	7
1	Резервуарларды майдың белгіленген немесе шекті деңгейіне жеткен кезде резервуарларға май беретін сорғылардың жұмысын сигнализациялауды және бұғаттауды қамтамасыз ететін май деңгейінің көрсеткіштерімен жабдықтау	Майдың азаюын болғызбау	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68а
2	Май резервуарларын май қақпаларымен немесе айналма клапандармен және кептіргіштің жай күйінің индикаторларымен жабдықтау	Майдың ластануын, қалдықтардың пайда болуын, атмосфераға май шығарындыларын болғызбау	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68б
3	Резервуарлардың (май цистерналарының) ішкі беттерін арнайы май-бензинге төзімді коррозияға қарсы жабындардың көмегімен қорғау	Майдың ластануын және қалдықтардың пайда болуын болғызбау	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68в
4	Ашық қоймадағы май бақтарын және май құбырларын жылу оқшаулағышпен және жылыту құрылғыларымен жабдықтау	Майдың ластануын және қалдықтардың пайда болуын болғызбау	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68г
5	Резервуарларда, май құбырларында май арналған нүктелер құрылғысы	Майдың ластануын май сынамаларын алуға және қалдықтардың пайда болуын болғызбау	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68д
6	Технологиялық және дренаждық май құбырларында бекіту арматурасын орнату	Майдың көлемінің азаюын болғызбау немесе азайту	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68е
7	Резервуарлардың толып кету сызықтарын гидротығыздағыштармен жабдықтау	Майдың ластануын, қалдықтардың пайда болуын, атмосфераға май шығарындыларын болғызбау	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68ж
8	Май шаруашылығы схемаларын майдың сапасын бақылаудың ендірілген датчиктерімен жарактандыру	Майдың ластануын және қалдықтардың пайда болуын болғызбау, қалпына келтірілген майдың сапасын арттыру	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68з

9	Қосалқы жабдықта негізгі жабдықта қолдануға жарамсыз трансформаторлық және турбиналық майларды пайдалану	Қалдықтардың пайда болуын болғызбау	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68и
10	Қазандықтарда пайдаланылған майларды кәдеге жарату	Қалдықтарды кәдеге жарату	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68к
11	Майды ағызу кезінде өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету	Өрт қауіпсіздігі	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68л
12	Мазут және май шаруашылығы жабдықтарын жерге тұйықтау есебінен өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету	Өрт қауіпсіздігі	мүмкін	мүмкін	иә	ЕҚТ 68м

#### 5.1.4.3. Күкірт диоксиді эмиссиясын азайту бойынша ЕҚТ

Атмосфераға күкірт диоксидінің эмиссиясын төмендету бойынша қолданыстағы әдістер 4.1.2-бөлімде егжей-тегжейлі келтірілген. Жоғарыда келтірілген барлық әдістер , соның ішінде күкірт мөлшері төмен отынды пайдалану, ішкі жағу әдістері ( сорбенттерді көмірмен бірге беру және от жағу кеңістігіне көмірден бөлек), арнайы құрылғыларды (жартылай құрғақ және дымқыл скрубберлер) орнату арқылы түтін газын күкіртсіздендіру қатты отынды жағатын қазандық агрегаттарына қатысты ЕҚТ ретінде қарастыруға болады. Ал Қазақстанның электр энергетикасында аз күкіртті көмірді пайдалану әлеуеті төмен, бұл елде маңызды әрі қазіргі уақытта игеріліп жатқан осындай көмір кен орындарының болмауына байланысты. Жағу кезінде, яғни көмірді газдандыру кезінде, көмірді циклішілік газдандыруды пайдалана отырып, бу-газ технологиясын іске асыру кезінде күкірттің азаюы-бұл перспективалық технология, бірақ орта мерзімді перспективада бұл технология Қазақстанда дамымайтын болады. Осылайша, Қазақстанның электр энергетикасы үшін пайда болған  $\text{NO}_2$ -ні белсенді сорбенттермен байланыстыру үлкен қызығушылық тудырады.

6-бөлімде күкірт диоксидінің эмиссиясы бойынша шекті мәндер келтірілген. Жалпы алғанда, күкірт диоксиді эмиссиясы бойынша еуропалық стандарттарға қол жеткізу үшін қазақстандық көмір ЖЭС үшін негізгі отын - Екібастұз көмірін жағу кезінде күкірт диоксиді эмиссиясын 90 %-дан аспайтын деңгейде төмендету қажет. Бұл ретте, 4.1.2-бөлімде санамаланған  $\text{NO}_2$  эмиссиясын азайту әдістерінен құрғақ аддитивті тәсілмен байланысты, яғни әктасты көмірмен бірге немесе бөлек оттыққа беру әдістерін бірден алып тастауға болады. Екінші жағынан, ЕО нормативтері Қазақстанда перспективалы кезеңде қабылданады, ал Қазақстанның жұмыс істеп тұрған қазандықтар паркі ескіреді, бұл қазандықтарға  $\text{aO}_2$  эмиссиясын төмендетудің қымбат, бірақ неғұрлым тиімді әдістерін орнатуға байланысты экономикалық тұрғыдан орынсыз. Осыған байланысты, өз ресурстарын өндіретін жабдықтар үшін аз шығынды құрғақ техникалар сұранысқа ие болуы мүмкін.

6-бөлімнің деректеріне сәйкес қолданыстағы SO<sub>2</sub> эмиссиялық жабдығы үшін шекті мәндер 1500-1800 мг/Нм<sup>3</sup> құрайды.

5.13-кесте. Көмірді жағу кезінде күкірт диоксидін төмендету бойынша ЕҚТ тізімі

Р/с №	Күкірттен тазарту тәсілі	SO <sub>2</sub> тұтып қалу дәрежесі,%
1	2	3
1	Көмірді жаққанға дейін күкірттен тазарту	10-40
2	Күкірті аз отынды пайдалану	
3	Жағу кезінде SO <sub>2</sub> эмиссиясының азаюы	
4	O <sub>2</sub> -ні сорбенттерді оттыққа отынмен беру арқылы тұту	30-35
5	Қатты отынды жағу процесінде қайнаған қабаттағы SO <sub>2</sub> тұтып қалу	до 95
6	O <sub>2</sub> тұтып қалудың ылғалды циклді емес әктасты (әкті) әдісі	96-98
7	SO <sub>2</sub> тұтып қалудың циклді магнезитті әдісі	95-96
8	SO <sub>2</sub> тұтып қалудың аммиакты циклді әдісі	99
9	SO <sub>2</sub> тұтып қалудың жеңілдетілген ылғалды-құрғақ техникасы	50-60
10	SO <sub>2</sub> тұтып қалудың «Лифак» технологиясы бойынша жартылай құрғақ әдісі	96
11	Айналымдағы инертті массасы бар күкірттен тазарту технологиясы	93
12	NID технологиясы бойынша жартылай құрғақ күкірттен тазарту технологиясы	90-95

5.1.4.5. Азот оксидтерінің эмиссиясын азайту бойынша ЕҚТ

Атмосфераға күкірт диоксидінің эмиссиясын төмендету бойынша қолданыстағы әдістер 4.1.3-бөлімде егжей-тегжейлі келтірілген. Қазандық агрегатын қайта құрусыз жүзеге асырылатын әдістерді қоса алғанда, барлық келтірілген әдістерді қатты отынды жағатын қазандықтарға қатысты ЕҚТ ретінде қарастыруға болады.

5.14-кестеде аталған технологияларды қолдану мүмкіндігімен азот оксидтерінің эмиссиясын төмендету бойынша ЕҚТ тізімі және Қазақстанда осындай технологиялармен жабдықтарды пайдаланудың қолда бар тәжірибесі келтірілген.

5.14-кесте. Көмірді жағу кезінде азот тотықтарын төмендету бойынша ЕҚТ тізімі

Р/с №	Техникасы	NO <sub>x</sub> эмиссиясын азайту	Қолданылуы		Өнеркәсіптік пайдалану тәжірибесі	Ескертпе
			Жаңа қондырғылар	Қолданыстағы қондырғылар		
1	2	3	4	5	6	7
1	Бастапқы әдістер					
1.1	Режимдік-реттеу іс-шаралары					

1	2	3	4	5	6	7
1	Бастапқы әдістер					
1.1	Режимдік-реттеу іс-шаралары					

1.1.1	Артық ауаны бақылап төмендету	10-35 %	мүмкін	мүмкін	иә	Химиялық толық жақпауды жоғарылату мүмкіндігі
1.1.2	Стехиометриялық емес жағу	20-35 %	мүмкін	мүмкін	иә	Төмендетілген жүктемелерде тиімділікті төмендету
1.1.3	Қазандықты реконструкцияламай жеңілдетілген екі сатылы жағу	20-40 %	-	мүмкін	иә	Саны аз жанарғылармен іске асырудың күрделілігі
2	Қазандықтың конструкциясын өзгертуді талап ететін технологиялық әдістер					
2.1	Ауа кезенді берілетін (LNB) төмен эмиссиялық жанарғылар	30-50 %	мүмкін	мүмкін	иә	Су-бу трактісін реконструкциялауды талап етпейді Жанарғы қолданыстағы амбразураға орнатылады.
2.2	Қазандықтарды реконструкциялау арқылы екі сатылы жағу (ауаны кезенді беру).	30-50 %	мүмкін	мүмкін	иә	Алып кете отырып механикалық толық жақпаудың жоғарылауы. Қабырғалық үрлеу болмаған жағдайда, экрандардың жоғары температуралық коррозиясының қаупі.
2.3	Үш сатылы жағу	40-75 %	мүмкін	Технологияны толық іске асырмау	иә	Алып кете отырып механикалық толық жақпаудың жоғарылауы.
2.4	Концентрлік жағу	20-50 %	мүмкін	мүмкін	жоқ	Алып кете отырып механикалық толық жақпаудың жоғарылауы.
2.5	Шаңды алдын ала қыздыратын жанарғылар	2-3 есе	Газ болған жағдайда мүмкін	Газ болған жағдайда мүмкін	жоқ	Өндірістік бункері бар қазандық қажет
2.6	Жоғары концентрациялы шаңды беру (ЖКШ)	20 %-ға дейін	мүмкін	Өндірістік бункер болған кезде мүмкін	иә	
2.7	Көпіршікті және айналымдағы қайнаған қабатта қатты отынды жағу.	NO <sub>x</sub> -ты 200 мг/нм <sup>3</sup> -дейін төмендету	мүмкін	Жоқ	жоқ	
3	Екінші әдістер					
3.1	Селективті каталитикалық емес қалпына келтіру (СКЕК).	30-50	мүмкін	Мүмкін	жоқ	Аммиак өтіп кетуі мүмкін

3.2	Селективті каталитикалық қалпына келтіру (СКК).	90 %-ға дейін	мүмкін	Ж о қ , жабдықтың т ы ғ ы з орналасуына байланысты	жоқ	Мүмкін. 300 МВт кем қазандықта аммиактың өтіп кетуі орынсыз
-----	---	---------------	--------	--	-----	---

**5.16-кесте. Қатты отынды (тас және қоңыр көмірді) жағу кезінде шаң шығарындыларын азайту бойынша ЕҚТ тізімі**

P/c №	ЕҚТ	Шығарындыларды азайту, мг/Нм <sup>3</sup>	Қолданылуы		Ескертпе
			Жаңа қондырғылар	Қолданыстағы қондырғылар	
1	2	3	4	5	6
1	Электр сүзгісі	100-400	мүмкін	орын болған жағдайда	4.1.1-ді қараңыз
2	Қозғалмалы электродтары бар электр сүзгісі	10-70	мүмкін	орын болған жағдайда	4.1.1-ді қараңыз
3	Қапшық сүзгілер	20-100	мүмкін	орын болған жағдайда	4.1.1-ді қараңыз
4	Эмульгаторлар	200-400	мүмкін	мүмкін	4.1.1-ді қараңыз

**5.1.5. Күл-қожбен жұмыс істеу**

Көмір ЖЭС күл-қож шығару жүйесінің негізгі қызметі - қатты отынның жанбайтын қатты бөлігін-күл-қожды отын жағу қондырғысынан сенімді түрде алып тастау. Күл-қождарды түпкілікті жою тәсілін таңдауға байланысты жүйенің функциясына күл-қождарды сыртқы тұтынушыларға олар болған кезде жіберу және/немесе экологиялық және өнеркәсіптік қауіпсіздік талаптарын ескере отырып, күл-қождардың талап етілмеген бөлігін көму кіруі мүмкін.

Күл-қож шығару жүйелеріне мынадай негізгі талаптар қойылады:

генерациялайтын жабдықтың жұмысын қамтамасыз ету үшін күл-қожды жоюдың сенімділігі;

энергия ресурстарын, суды, жерді барынша аз тұтыну;

өнеркәсіптік және экологиялық қауіпсіздік, авариялар мен ықтимал залалдар тәуекелдерінің қолайлы деңгейі, қоршаған ортаға әсер етудің ең төменгі деңгейі; ең аз күрделі және пайдалану шығындары.

Күл-қожды жою жүйелері нақты ЖЭС қажеттіліктеріне байланысты мынадай жекелеген функцияларды орындайтын өзара байланысты технологиялық учаскелерді қамтуы мүмкін:

ішкі қожды шығару учаскесі қазандықтардан қожды алуды, оны ұсақтауды, қазандық бөлімшелерінің шегінде тасымалдауды және сыртқы күл-қожды шығару торабына немесе қожды уақытша жинау орындарына беруді орындайды;

ішкі күл шығару учаскесі күлтұтқыштардан күлді іріктеу және оны сыртқы күл-қож шығару торабына немесе күлді уақытша жинау орындарына тасымалдау функциясын орындайды;

қож жинағыштарын және оны тұтынушыларға немесе тұрақты сақтау орындарына тиеуге арналған жабдықты қамтуы мүмкін қождың уақытша жиналу учаскесі;

құрғақ күлді уақытша жинау және тұтынушыларға жөнелту учаскелері; тұрақты сақтау немесе көму орындарына дейін күл мен қождың сыртқы тасымалдау учаскелері;

көмуге арналған полигон (күл үйінділері) - күл мен қождың талап етілмеген бөлігін бірге немесе жеке-жеке сақтауға арналған құрылыс;

көмуге арналған полигоннан күл-қожды тиеу учаскелері.

Әрбір нақты ЖЭС-те күл-қожбен жұмыс істеу жүйесінің құрамы жергілікті жағдайлармен, күл-қождың пайда болу көлемімен және қасиеттерімен, күл-қожды немесе олардың жекелеген компоненттерін сыртқы тұтынушыларға тиіп-жөнелту қажеттілігімен айқындалады.

Қазақстандық ЖЭС-те механикалық, гидравликалық, пневматикалық және күл-қожды шығарудың аралас жүйелері қолданылады.

Күл-қожды жою жүйесінің (КҚЖ) түрін таңдау анықталады: энергетикалық өндірістің технологиялық ерекшеліктерімен (қазандық оттығынан шығарылатын қождың түрі, түтін газдарын тазарту тәсілі, күл мен қождың шығыны мен қасиеті, пайдалану қажеттілігі және жеткілікті мөлшерде судың болуы); бөгде ұйымдардың кәдеге жаратуы үшін күл қождарын немесе олардың жекелеген фракцияларын өткізуді ұйымдастыру мүмкіндігімен;

полигонды орналастыруға арналған орындардың климаттық жағдайлары, олардың ЖЭС өнеркәсіптік алаңынан қашықтығы және күл-қождардың талап етілмеген бөлігін полигонға тасымалдау үшін жер бедері;

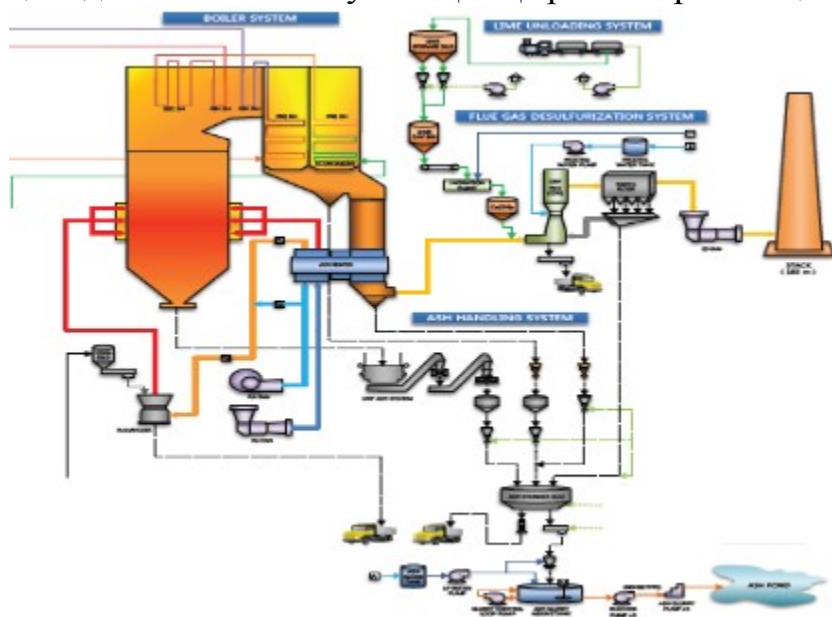
КҚЖ жүйесінің сенімділігі мен үнемділігі бойынша талаптар. Қазақстандық көмір ЖЭС-терінде кейіннен пайдалану мүмкіндігімен (тұтынушылар болған кезде) айналымдық сумен жабдықтап, сырттағы күл мен қожды бірлесіп жоятын КҚЖ жүйелері неғұрлым кең таралған болып табылады.

Республиканың ЖЭС-інде таза пневматикалық КҚЖ жүйелері қолданылмайды. Пневмогидравликалық (аралас) КҚЖ жүйелері көбінесе құрғақ күлтұтқыштармен жабдықталған ірі ЖЭС-те қолданылады. Күлтұтқыштардың астындағы күл аралық бункерге пневможүйелермен жиналады, ал одан қондырғыға пневмокүл жеткізгіш (ПКЖ) бойынша құрғақ күлді іріктеу қондырғысына (ҚКІҚ) тасымалданады немесе құрғақ күлді тұтынушылар болмаған жағдайда ГҚЖ арналары бойынша сорғы станциясына беріледі, ол жерде қойыртпақ түріндегі қожбен бірге полигонға



тасымалданады Тұтынылатын күл тікелей аралық бункерлерден және/немесе құрғақ күл қоймасынан жіберілуі мүмкін. Бұл жағдайда қазандық астындағы қож тұтынушыларға бөлек шығарылуы мүмкін.

5.1-суретте тұтынушыларға құрғақ күлді КҚЖ-дан және қазандықтардың астынан қож-дан тиіп жөнелтумен ҚКІҚ аралас жүйесінің блок-схемасы көрсетілген.



5.31-сурет. ҚКІҚ-нан құрғақ күлді және қазандықтарданың астындағы қожды тұтынушыларға тиіп-жөнелтуі бар КҚЖ аралас жүйесінің блок-схемасы

#### 5.1.5.1. Ішкі қожды кетіру

Қазіргі уақытта көмір ЖЭС-де көміртозанды энергетикалық қазандықтарда ішкі қожды кетірудің гидравликалық жүйелері қолданылады. Гидравликалық қожды кетіру кезінде қазандықтан қож ұнтақтағыштарға түседі, онда ол ұсақталады, ал ұсақталған қожды қоздырғыш шүмектері бар өздігінен ағатын каналдарға тастайды және қож целлюлозасы түрінде Багер сорғы станциясына беріледі.

#### 5.1.5.2. Ішкі күлді кетіру

Энергетикада күлді ішкі тасымалдау қондырғылары ретінде мыналар қолданылады: гидрокөлік қондырғылары;

өздігінен ағатын қондырғылар;

аэроарналар;

вакуумдық қондырғылар;

ағынды сорғылары бар төмен қысымды қондырғылар;

пневмобұрандалы және пневмокамералы сорғылары бар жоғары қысымды су таратқыш қондырғылар;

екі сатылы пневмотранспорттық қондырғылар.

Күл-қождардың ішкі гидрокөлік қондырғыларына күлтұтқыштар бункерлерінің немесе промбункерлердің және күл қойыртпағын (немесе күл мен қож қойыртпағын) багерлік сорғы станциясының қабылдау сыйымдылығына тасымалдауға арналған ынталандырушы шүмектері бар каналдардың астындағы күл шаю аппараттары (КША, «шәйнектер») кіреді. Бұл технология ЖЭС-те кеңінен қолданылады.

Өздігінен ағатын құрғақ күлді жинау және тиеп жөнелту қондырғылары, егер бұл күлтұтқыштарды құрастыру шарттары бойынша мүмкін болса, құрғақ күлді көлік құралдарына тікелей ЖЭС-тің күл үй-жайларында күлтұтқыштардың астындағы өнеркәсіптік бункерден тиеу үшін қолданылады. Мұндай қондырғыларды жылына 100 мың тоннаға дейін құрғақ күл шығаратын цемент таситын машиналарға және/немесе теміржол хопперлеріне жөнелту тәжірибесі белгілі. Мұндай қондырғылар, әдетте, максималды өнімділікпен шектеледі, құрғақ күлді тұтынушыларға жалпы шығымның 100 %-на дейінгі көлемде жөнелтуді қамтамасыз ете алмайды, бірақ олардың экономикалық орындылығы жағдайында, мысалы, тұрақты күл тұтынушылары болмаған жағдайда, ПҚК жүйесінің бөлігі бола алады.

Күлтұтқыш бункерлерінен күлді промбункерге беру үшін қолданылатын аэроарналар құрғақ күлді күлтұтқыш бункерлерден аралық құрама бункерлерге дейін тасымалдауға арналған құрылғылар болып табылады. Олар келесі шектеулерді сақтай отырып, жеткілікті сенімді және тиімді жұмыс істейді:

ұзындығы аударыс торабынсыз 25 м артық емес және еңістің болуы;

тасымалдаушы ауада ылғал болған жағдайда осы элементтердің жекелеген учаскелерін цементтеумен сүйемелденетін ұсақ фракциялы бөлшектермен аэрациялаушы элементтердің кеуектерін жылдам бітеу салдарынан жоғары кальцийлік күлді тасымалдау үшін қолдануға болмайды;

аэроарналарды сериялық өндірудің болмауына байланысты оларды қалпына келтіруге төмен жарамдылық және жоғары шығындар;

монтаж бен туралауға қойылатын талаптар өте жоғары.

ПҚК вакуумдық қондырғылары ағынды сорғылары бар төмен қысымды ПҚК қондырғыларымен салыстырғанда технологиялық тұрғыдан күрделі және қымбат, дегенмен олар күл бөлмелерінде жақсы санитарлық жағдай жасайды. Олардың кемшіліктеріне мыналарды жатқызуға болады:

шағын шекті тасымалдау қашықтығы - 300 м артық емес;

автоматтандыру іс жүзінде болмаған кезде вакуумды саптамалардың қатаң сақталатын «бункерлерді толтыру-босату» циклограммалары бойынша жұмыс режиміне байланысты мерзімді ауыстырып қосу қажеттілігі, бұл қызмет көрсетуші персонал санының негізсіз ұлғаюына әкеп соғады және адами фактор рөлінің өсуіне байланысты ПҚК вакуумдық жүйелері жұмысының сенімділігін төмендетеді;

күлтұтқыштардың босатылатын бункерлерінің аз саны немесе вакуумдық пневмокөлік қондырғысының жабдығы вакуумдық пневмокөлік қондырғысының

кабылдау бункеріне күлтұтқыштар бункерлерінен күлді беруге арналған алдын ала қосылған жүйемен жабдықталуы;

күлді пневмотранспорттық вакуумдық схемаларының көпшілігі шөгінді камерада күлдің жиналуымен және оны түсіру үшін вакуумның бұзылуымен жұмыс істейді. Бұл ПҚК жүйелерінің мүмкін болатын өнімділігін 2-4 есе азайтады. Пайдаланылған ауаны тазарту үшін қолданылатын тұндыру станциялары ауаны қажетті тазартуды қамтамасыз етпейді, бұл эжекторлар мен вакуум-сорғылардың абразивті тозуының күшеюіне себеп болады.

Ағынды сорғылары бар төмен қысымды ПҚК (АСП) қондырғылары күлді күлтұтқыштардың бункерлерінен өнеркәсіптік бункерлерге дейін күлді ішкі пневмотранспорттың екі сатылы схемаларында эвакуациялау үшін қолданылады. Әрбір қондырғы құрғақ күлтұтқыштың бір бункерінен күлді кетіреді. Бұл бірнеше бункерден күл жинайтын бір қондырғы тұрақсыз немесе негізсіз үлкен энергия шығындарымен жұмыс істейтіндігіне байланысты. Бұл қондырғыларды жасау және орнату оңай, сенімділігі мен жөндеу арасында пайдалану мерзімі қанағаттанарлық, қарапайым жөнделеді.

Өнеркәсіптік бункерден сүрлем қоймаларына дейін күлді пневмокөлік үшін АСП-мен (тасымалдаудың келтірілген қашықтығы 400 м-ге дейін және өнімділігі сағатына 20 т-ға дейін болғанда) неғұрлым өнімді төмен қысымды пневмокөлік қондырғылары немесе пневмобұрандалы (БСП) немесе пневмокамералы сорғылары (КСП) бар жоғары қысымды пневмотранспорттық қондырғылары пайдаланылады.

БСП бар жоғары қысымды қондырғылар өнеркәсіптік бункерден сүрлем қоймаларына дейін және сүрлем қоймаларынан құрғақ күлді тұтынушыларға дейін күлді пневмокөлік үшін пайдаланылады. Тасымалдаудың ең жоғары қашықтығы-сағатына 40 т күлге дейін өнімділікпен 1000 м дейін.

Негізгі кемшіліктері:

автоматты өнімділікті реттеу жоқ;

тасымалдаудың ең жоғары ұзақтығы-1000 м дейін;

шнек қоректендіргіш бөлшектерінің абразивтік тозуына, БСП тығыздағыштары мен араластыру камерасының абразивтік тозуына байланысты оларды жөндеуді орындау қажеттілігі салдарынан БСП-нің пайдалану жарамдылығын қалпына келтіруге арналған жоғары қаржылық және уақытша шығындар.

Күлдің пневмокөлігі үшін КСП бар жоғары қысымды қондырғылар қолданылады:

құрғақ күлтұтқыш бункерлерінен сүрлем қоймаларына дейін;

өнеркәсіптік бункерден бастап күлдің ішкі пневмокөлігінің екі сатылы схемасындағы сүрлем қоймаларына дейін;

сүрлем қоймаларынан құрғақ күлді тұтынушыларға дейін. Тасымалдаудың ең жоғары қашықтығы-сағатына 100 т күлге дейін өнімділікпен 1000 м дейін.

КСП бар қондырғыларда күлдің пневмокөлігіне арналған энергия шығыны, басқа тең жағдайларда, БСП қондырғыларымен салыстырғанда шамамен 25÷30 % төмен. КСП өнімділігі жұмыс кезінде абразивті тозуға байланысты іс жүзінде төмендемейді, БСП-ге қарағанда айналмалы немесе күлге көп күш жұмсайтын бөлшектердің болмауына байланысты, олардың өнімділігі абразивті тозу нәтижесінде шнек пен фидер жеңінің геометриялық өлшемдерінің өзгеруіне байланысты.

Күл шығарудың екі сатылы пневмокөліктік қондырғылары.

Ресей ЖЭС-де күлді ішкі тасымалдаудың екі сатылы схемаларында өздігінен ағатын қондырғылардың, аэроавтардың немесе төмен қысымды пневмокөлік қондырғыларының және рһа немесе КСП бар жоғары қысымды қондырғылардың тіркесімі жиі кездеседі, өйткені КҚІҚ-мен бірге ЖЭС жүйелерінің көпшілігі пневмогидравликалық болып табылады, онда электр сүзгілерінен күл өндірістік бункерге түседі, содан кейін ол пневмокөлік қондырғысының екінші сатысы КҚІҚ-ге немесе ГКШ қондырғысының КША-ға беріледі.

Екі сатылы пневмокөлік қондырғыларының негізгі артықшылықтары:

өздігінен ағатын қондырғылар немесе АСП бар төмен қысымды пневмотасымалдау қондырғылары кез келген конфигурациялы трассада промбункерге күлтұтқыштардан құрғақ күлді сенімді эвакуациялауды қамтамасыз етеді және тасымалдайтын ауаның ылғалдылығының өзгеруіне сезімтал емес, бұл жоғары кальцийлік золдарды ауыстыру кезінде өте маңызды болып табылады;

өздігінен ағатын қондырғылар мен төмен қысымды пневмокөлік қондырғыларын пайдаланудың жеткілікті ұзақ жөндеу аралық мерзімі және олардың жекелеген элементтері істен шыққан жағдайда қазандық агрегаттарын тоқтатпай олардың жұмыс қабілеттілігін қалпына келтіру мүмкіндігі;

жоғары қысымды өздігінен ағатын қондырғылармен, аэроарналармен және АСП, КСП бар төмен қысымды пневмокөлік қондырғыларымен салыстырғанда төмен құны және салыстырмалы түрде төмен пайдалану шығындары;

жоғары қысымды КСП қолдану кезінде құрғақ күлді өнеркәсіптік бункерден сүрлем қоймаларына дейін 3000 м дейінгі қашықтыққа тасымалдауды қамтамасыз ету; күлдің ең жоғары жүктемесі бар режимдерде КСП бар жоғары қысымды қондырғылардың жұмысын қамтамасыз ету мүмкіндігі есебінен екінші сатыдағы күлді пневмокөлікке оңтайлы энергия шығындары.

Негізгі кемшілігі - бұл өндірістік бункерден тасымалданатын ауаны тазарту қажеттілігі.

### **5.1.5.3. Құрғақ күлді жинау және жөнелту**

Құрғақ күлді тиеп жөнелту қондырғылары (КҚІҚ) сүрлем қоймасынан, Кондиционерлеу және құрғақ күлді тұтынушыларға тиеп жөнелту құрылғыларынан, құрғақ күлдің талап етілмеген бөлігін КҚІҚ-ға тасымалдауға дайындау

құрылғыларынан тұрады. КҚІҚ тиісті сүрлемдері бар құрғақ қожды қабылдау және жөнелту құрылғыларын қамтуы мүмкін. КҚІҚ үшін цемент өнеркәсібінде және басқа да құрылыс материалдарын өндіруде кеңінен қолданылатын сусымалы материалдарды сақтауға және тасымалдауға арналған стандартты жабдық сирек жағдайларды қоспағанда қолданылады.

#### **5.1.5.4. Күл-қождың сыртқы транспорты**

Күл-қождың сыртқы транспорттау қондырғылары ретінде:  
гидротранспорт қондырғылары;

пневмокөлік қондырғылары (АСП бар вакуумдық, төмен және жоғары қысымды қондырғылар; БСП және КСП бар жоғары қысымды қондырғылар);

автокөлік;

конвейерлік көлік.

Гидрокөлік қондырғылары. Бұл қондырғылар күл және/немесе қож қойыртпағы түрінде (бірлесіп немесе бөлек) тұтынушылар талап етпеген күл мен қождың бөлігін КҚЖ-да тасымалдауға арналған және қойыртпақтың қабылдау шұңқырынан, Багер сорғыларынан, күл-қож өткізгіштерінен және КҚЖ-дағы шығару құрылғыларынан тұрады. Пульпадағы су-тұз қатынасы 10:1-ден 100:1-ге дейін өзгереді. ЖЭС өндірістік алаңында багерлік сорғылардың және күл-қож үйінділерінің қабылдау құрылғыларының биіктік белгілерінің өзгеруіне, құбыржолдар трассасы бойынша биіктіктердің ұзындығы мен ауытқуларына, тасымалданатын күл-қож массасының, қабылданған күл-қож жинау схемасының, қойыртпақты дайындау технологиясының және басқа да факторлардың өзгеруіне байланысты құбыржолдардың гидравликалық кедергісін кепілді еңсеру үшін трассада қосымша багерлік сорғы орнатылуы мүмкін.

Күл-қождың сыртқы гидрокөлік қондырғыларының негізгі кемшіліктері:  
тасымалданатын күл-қож массасына байланысты ГҚШ қондырғыларының өнімділігін бірқалыпты реттеу мүмкіндігінің болмауы, күл-қож құбырлары мен Багер сорғыларын қосу/ажырату есебінен тек сатылы реттеу мүмкіндігі бар;

күл-қож өткізгіштер абразивтік және коррозиялық тозуға бейім болуы мүмкін;  
күл-қож құрамында кальций қосылыстары көп болған жағдайда, күл-қож құбырлары мен тазартылған суды қайтару құбырларында қатты шөгінділердің пайда болуы салдарынан ГҚШ қондырғыларының өнімділігі төмендеуі мүмкін.

Вакуумдық, төмен және жоғары қысымды пневмотасымалдау қондырғылары құрғақ күлді тауар өнімдерінің жеке өндірісіне және/немесе бөгде тұтынушыларға жөнелту үшін қолданылады. Пневмокөлік қондырғыларын қолдану туралы шешім тасымалдаудың келтірілген қашықтығына және қондырғылардың талап етілетін өнімділігіне байланысты қабылданады].

Автокөлік гидрокүл өткізгіш құбырларын төсеу мүмкін болмаған кезде немесе пульпа құбырларының гидравликалық кедергісі күл қождарын алыс қашықтыққа тасымалдау

қажеттілігіне байланысты тым үлкен болған кезде қолданылады. Салмағы бойынша 25 %-ға дейін ылғалданған құрғақ күлді шығару автосамосвалдармен полигонға шығарылады, онда жол-құрылыс техникасымен нығыздау арқылы немесе онсыз қабаттасады.

Конвейерлік көлік ЖЭС-те ЕО-ға мүше елдердің және әлемдік қоғамдастықтың басқа да мемлекеттерінің энергетикасында кеңінен қолданылады. Ресейде мұндай жүйелерді қолдану тәжірибесі аз (Рефтина МАЭС), бірақ әлемде күлтұтқыштардың бункерлерінен бастап, КҚЖ-да, оның ішінде қысы қатты жерлерде орналасқан жерге дейін құбырлы таспалы және науалы таспалы конвейерлері бар автоматтандырылған қондырғылар сәтті қолданылады.

#### **5.1.5.5. Күл үйінділері**

Күл үйінділері тұтынушылар талап етпейтін күл мен қождың бөлігін ұзақ уақыт сақтауға арналған. Күл-қождар жер бетіндегі гидро-қож үйінділерінде (ГҚҮ) немесе құрғақ қоймаларда қойыртпақ түрінде жиналады. Күл үйінділері ретінде пайдаланылған шахталық және карьерлік қазбалар, жыралар да пайдаланылуы мүмкін. Қазақстан Республикасының энергетикасында жер үсті ГҚҮ ең көп қолданыс тапты. Ішкі және сыртқы күл-қожды жоюдың құрғақ әдістерін қолданған кезде күл-қожды құрғақ күл үйінділерінде жинауға болады. Күл-қождарды ұзақ уақыт сақтаудың мұндай әдісінің артықшылығы ретінде төсеудің аса жоғары тығыздығы және, тиісінше, күл үйінділері аудандарының қысқаруы; ЖЭС-та су тұтынудың төмендеуі, жерасты суларының ластану тәуекелдерінің төмендеуі мүмкіндігін атап көрсетеді. Сонымен қатар, бұл технологияны қолдану КҚҮ ылғалдандыру, төсеу, тығыздау үшін арнайы жабдықты қолдануды қажет етеді.

Күл үйінділері тиісті түрде жайластырылуы, сүзуге қарсы қорғанысы және оның қоршаған орта компоненттеріне әсерін мониторингтеу жүйесі болуы тиіс. I және II санаттағы объектілер үшін көмуге арналған лимиттер белгіленеді.

#### **5.1.5.6. Күл-қожды пайдалану тәсілдері**

Қазақстанда және әлемде құрылыс материалдары мен ең кең номенклатурадағы бұйымдарды: құрамдас цементтерді, толтырғыштарды, қабырға материалдарын, жол құрылысын және т. б. өндіру үшін күл-қожды қайта өңдеу бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының едәуір көлемі жинақталған.

5.32-суретте күл-қожды пайдаланудың ықтимал тәсілдері ұсынылған.



5.32-сурет. КҚҮ пайдалана отырып, құрылыс бұйымдарын жасау зауыттары

## 5.2. Сұйық отынды жағу қондырғылары

Сұйық отын табиғи және жасанды болады. Табиғи отынға мұнай жатады, ал жасанды мұнай өңдеу өнімдері: мотор отыны, спирт, мазут, гудрон және су-көмір эмульсиялары, су-көмір отыны - СУО жатады. Ең көп таралған энергетикалық сұйық отын - мазут болып табылады. Мазут көміртегі, сутегі, оттегі, азот, күкірт, ылғал және минералды қоспалардан тұрады. Көміртектің мөлшері 85-тен 88 %-ға дейін, сутегі 10-нан 12 %-ға дейін, оттегі мен азот 06-1,0 %, күкірт 0,5-3,5 % құрайды. Ылғал мөлшері 3-4 %-дан аспайды, минералды қоспалар шамамен 0,5 % құрайды.

Аз күкіртті мазут - жанғыш массаға күкірт құрамы 0,5 %-дан аз.

Күкіртті мазут - жанғыш массаға күкірт құрамы 0,5-2,0 %.

Жоғары күкіртті мазут - жанғыш массаға күкірт құрамы 2,0 % астам.

Тұтқырлығы шартты,  $^{\circ}\text{ВУ}$  -вискозиметрден 50 нС дейін қыздырылған  $200 \text{ см}^3$  мазуттың шығу уақытының (тұтқыр мазуттар үшін 80 нС дейін), 20 нС кезінде дистилденген судың бірдей мөлшерінің өту уақытына қатынасы.

Тұтқырлыққа байланысты мазут маркаларға бөлінеді.

М-40 мазут -  $80^{\circ}\text{C}$  кезінде шекті тұтқырлығы  $8^{\circ}\text{ВУ}$ .

М-100 мазут -  $80^{\circ}\text{C}$  кезінде шекті тұтқырлығы  $15^{\circ}\text{ВУ}$ .

М-200 мазут  $100^{\circ}\text{C}$  кезінде шекті тұтқырлығы  $9,5^{\circ}\text{ВУ}$ .

Ф-5, Ф-6 жеңіл флоттық мазуттары бар, бірақ олар энергетикалық мақсаттар үшін емес, кеме қондырғыларында тасымалдау үшін қолданылады.

Температура төмендеген кезде мазут қатып, қатты денеге айналады.

Қату температурасы - мазут пробиркада 1 минут бойы  $45^{\circ}$  еңіспен ағуын тоқтататын температура. Ең тұтқыр сорттарда қату температурасы  $25-35^{\circ}\text{C}$  құрайды.

Тұтану температурасы - белгілі бір зертханалық жағдайларда жылытылатын мазут буы қоршаған ауамен ашық отпен жанасқанда тұтанатын қоспаны түзетін температура. Мазут үшін тұтану температурасы 80-100 °С құрайды.

Тұтану температурасы - белгілі бір зертханалық жағдайларда қыздырылатын мазут оған ашық жалын әкелгенде жанатын және белгіленген уақыттан кем емес жанатын температура. Тұтану температурасы тұтану температурасынан 10-40 °С асады.

Жоғары жылу шығару қабілеті - 9500-9800 ккал/кг.

Күл мөлшері аз - 0,3-0,5 %.

СКО - көмір шаңын, суды және пластификаторды араластыру нәтижесінде алынады. Бұл технология газ бен мазуттың орнына қолдану үшін шығарылды. Сапалы СКО алу үшін сапалы көмір, диірмендер мен пластификаторлар қажет. Көмір ретінде газ, кокс, дымқыл ұнтақтау маркалы тас көмірі 300 мкм-ден аспайтын фракцияға дейін қоспа қосумен діріл диірмендерде жүргізіледі, тасымалдау үшін цистерналар пайдаланылады. Дайындалған СКО екі күн бойы қасиеттерін сақтай алады. Тазартылған су экологиялық талаптарды қамтамасыз ету үшін пайдаланылады, ылғалдылық 40 % жетуі мүмкін. Пластификаторлар қалқыма көмір бөлшектеріне ұзақ уақыт аққыштық беру үшін қолданылады, гумин реагенттері жиі қолданылады: гумин қышқылының натрий тұздары, полифосфаттар. СКО жағу арнайы жанарғы құрылғылары арқылы жүргізіледі. Жағу температурасы - 950-1150 °С. Төмен температурада жағу нәтижесінде азот тотықтарының ең аз мөлшерде түзіледі. 40 % дейін ылғалдың болуы оның булануына қосымша энергия шығынын тудырады, көмірдің жану жылуының әрбір 10 % ылғалына 1 % жұмсалады. СКО ҚХР, Еуропа елдерінде, Украинада қолданылады. Қазақстан Республикасында тәжірибелік жағу жүргізілді, бірақ қолданысқа енгізілген жоқ.

### 5.2.1. Қондырғының ерекшеліктері

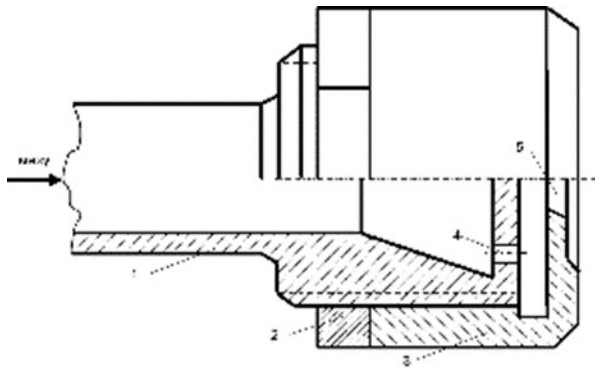
Мазутты жағуға дайындау түсіруден (ағызудан) бастап бірнеше кезеңнен тұрады. Мазут әдетте 60-90 т теміржол цистерналарына түседі. Мазут шығынына байланысты ағызуды эстакадасы бір мезгілде 20 цистернаға дейін қызмет көрсете алады. Мазутты ағызуды үшін оны люк арқылы салынатын бу шыңдарымен қыздырады, сондай-ақ, су төгетін құбыр бұмен жылытылады, жылынған сайын мазут стегі де бұмен жылытылатын рельс аралық науаға ағады, науа қабылдау ыдысына қарай көлбеу орнатылған, қабылдау ыдысы әдетте сыйымдылығы 150 м<sup>3</sup> дейінгі бетоннан жасалады. Мазут қабылдау ыдысынан мазут сорғыларымен 2-ден 20 мың м<sup>3</sup>-ге дейінгі бірлік сыйымдылығы бар негізгі мазут резервуарларына айдалады. Мазут қоймасының жиынтық сыйымдылығы газ-мазутты ЖЭС үшін 120 мың м<sup>3</sup> артық құрауы мүмкін. Мазут ыдыстарының түбі жылытқыштармен жабдықталған. Қоймадан қазандық цехына дейінгі мазут құбырлары бу спутниктерімен жабдықталған, сақтау кезінде



қатпарлануды болғызбау және жағуға дайындығын арттыру үшін мазут үнемі айналып тұрады, бұл мазут шаруашылығына будың тұрақты шығынымен қамтамасыз етіледі. Сұйық отынның сортына байланысты жылыту 85-100 °С шегінде жүргізіледі. Мазутты ағызу үшін бумен қыздырғанда бу мен конденсаттың айтарлықтай жоғалуы орын алады. Әрбір ЖЭС үшін орналасу орнына, жыл мезгіліне, бу параметрлеріне, цистернаның сыйымдылығына байланысты бу шығынының нормалары мен ағызу ұзақтығы айқындалған. Мысалы, мазут М-100, сыртқы ауа температурасы -10 °С, бумен қыздыру : қысым 1,2 МПа және температура 280 °С, бу шығыны 3 тонна, көлемі 60 м<sup>3</sup> цистерна 6 сағат ішінде ағызылады. Цистернаны тазалау кезінде мазутты суландырудың басым бөлігі 2-4,5 %-ға дейін жүреді. Бүріккішке араластырылған суландырылған мазут берілген жағдайда оттың жалындауы байқалады, одан алау сөніп қалуы мүмкін. Екінші жағынан, құрамында 5-10 % және одан астам болса, онда жақсы көпіршіктенген суы бар мазутты жағу кезінде, бүріккіш тиімділігі артады, жағу тұрақтылығы артады, азот оксидтері мен көміртегі тотығы түзілуі төмендейді.

Ошақтық құрылғылардағы сұйық отын, әдетте, ауа ағынындағы тамшылар түрінде бүркіп шашыратылған күйде жағылады. Сұйық отын әрдайым бу фазасында жанады, сондықтан тамшылардың жану процесінің алдында булану процесі жүреді. Жалпы жағдайда, жоғары температуралы ортада сұйық отынның бір тамшысы оның буларымен қаныққан белгілі бір аймақпен қоршалған болады, сыртқы бетінде тамшылардың айналасында сфералық жану аймағы орнатылады. Сұйық отын буларының тотықтырғышпен қоспасының химиялық реакция жылдамдығы өте жоғары, сондықтан жану аймағының қалыңдығы жану аймағының диаметріне қатысты аз болады. Отын тамшысының айналасындағы бу аймағының қалыңдығы жану аймағындағы температураға және отынның булану параметрлеріне байланысты: жану температурасы неғұрлым жоғары болса және отынның қайнау температурасы мен оның булану жылуы неғұрлым төмен болса, бу аймағының қалыңдығы соғұрлым жоғары болады.

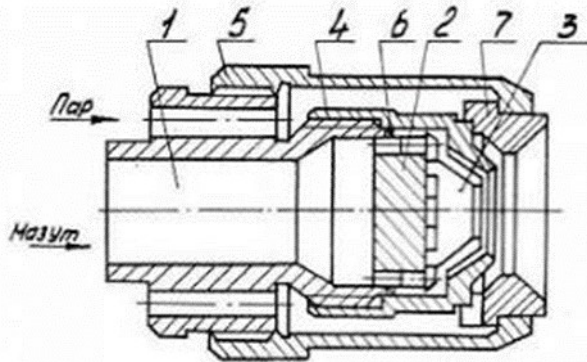
Сұйық отын бүріккіштермен бүріктіріледі. Бүріккіштер механикалық және бу бүріккіші деп бөлінеді. Механикалық бүріккіштерде бүрку сұйық отынның қысымы мен бүріккіштің конструкциясына, ал бу бүріккішінде будың кинетикалық энергиясына байланысты болады. Механикалық бүріккіштерде энергия қысым жасауға жұмсалады ( 20 кг/см<sup>2</sup> дейін). Бүріккіштер алдында мазутты қосымша жылытуды ұйымдастыру ұсынылады. Іс жүзінде механикалық бүріккіштер кеңінен таралған. 5.33-суретте қарапайым механикалық бүріккіш көрсетілген.



1-бүріккіш; 2-контргайка; 3-бүріккіштің бастиегі; 4-мазутты ерітуге арналған тесіктер; 5-шығу тесігі

### 5.33-сурет. Механикалық бүріккіш

Мазут соңында диаметрі 6-8 мм тесіктер тесілген ұзындығы 2,5-3,0 м негізгі бүріккіш арқылы беріледі, бүрку бүріккіштің бастиегінің қабырғасына мазут ағындарының соққылауы әсерінен болады. Шашырауды реттеу бүріккіштің шығу тесіктерінен бүріккіштің бастиегінің қабырғасының қашықтығын өзгерту арқылы жүзеге асырылады, бүріккіштің бастиегі котргайкамен бекітіледі. Неғұрлым күрделі бүріккіштерде бұрайтын арналар бар.



1-бүріккіштің оқпаны; 2-су жарғыш; 3-мазут шүмегі; 4-реттеу шығыршығы; 5-бүріккіштің бастиегі; 6-бу шүмегі; 7-шығу шүмегі

### 5.34-сурет. Бу-механикалық мазутты бүріккіш

Бу-механикалық бүріккіште шашырату су жарғышпен және мазут пен бу ағындарын араластыру арқылы жүргізіледі. Бүріккіш реттеу шығыршығының көмегімен мазут шүмегі мен шығу шүмегі арасындағы саңылауды өзгерту арқылы тураланады. Бу-механикалық бүріккіште мазуттың қысымы төмендейді (1,0 МПа дейін), бірақ қысымы 1,3-1,6 МПа бу шығыны қажет етіледі.

Шухов конструкциясының бүріккішінде мазут перифериялық канал арқылы, ал бу орталық канал арқылы жіберіледі.

## 5.2.2. Қондырғының тиімділігі

Ең жақсы көрсеткіштермен тиімді жағуды ұйымдастыру: жанудың толықтығы, алаудың геометриялық параметрлері, пештің көлемін алаумен толтыру көптеген факторларға байланысты.

Шашырату мөлшері - сұйық отын тамшыларының мөлшері, мөлшері неғұрлым үлкен болса, булану уақыты соғұрлым көп болады, тамшылардың одан әрі ұлғаюы және ұсақ мөлшердің азаюы кезінде булану процесі тұтану үшін отын буының қажетті концентрациясына жетпейтіндей етіп кешіктірілуі мүмкін, алау сөнеді.

Оттықтағы температура деңгейі алаудан жылу бөлу арқылы анықталады. Алаудың жылу шығаруының төмендеуі, мысалы, жүктеме төмендеген кезде, температура деңгейінің төмендеуіне әкеледі, бұл алаудың сөнуіне әкелуі мүмкін.

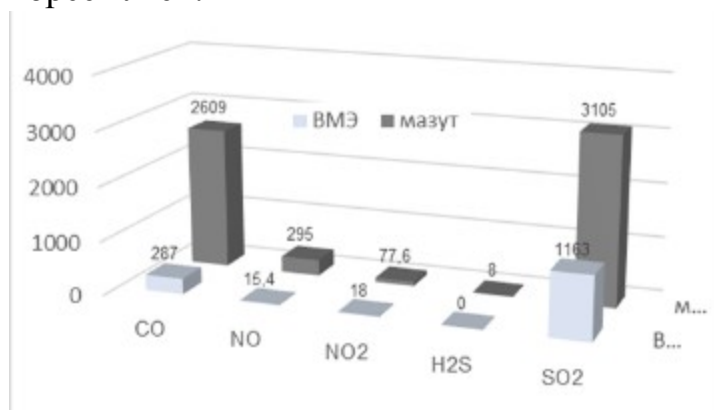
Бүрку тығыздығы мен біркелкілігі, тығыз суару аймағында әркелкі бүркілген жағдайда, кішкентай тамшылар соқтығысып, үлкен тамшылар пайда болады, олардың қызуы мен булануы күшейеді, алау біркелкілігін жоғалтады, бұл жылу қабылдаудың біркелкі болмауына әкеледі.

Ауа-отын қатынасы, ауа шығыны аз болған кезде қоспаның түзілуі нашар болады, шығарылған жылу жануды ұстап тұру үшін жеткіліксіз. Шамадан тыс ауа ағынымен салқындату жүреді, бұл тұтануды қиындатады. Жанармайдың едәуір ылғалдануы немесе қызып кетуі кезінде жану пульсациясы мен тарсылдар пайда болуы мүмкін, ол алаудың сөнуіне әкелуі мүмкін.

Волга ЖЭО (Ресей Федерациясы) ТГМ-84 және ПК-41-1 қазандықтарында су-мазут эмульсиясын жағу деректері бойынша 15-20 % суландырылған су-мазут эмульсиясын жағу кезінде азот оксиді мен бенз (а) пирен концентрациясын 2-3 еседен астам төмендетуге қол жеткізуге болады.

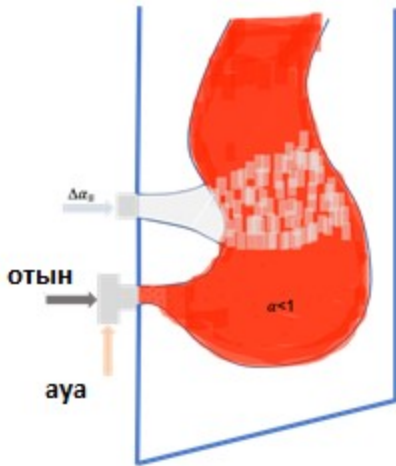
Гидротұрақтандырылған отынды - су-мазут эмульсиясын (СМЭ) жасау үшін ірі және ұсақ тазалау сүзгілерінен, гомонизатор диспергаторынан, сорғыдан және мазут қыздырғышынан тұратын отын дайындау қондырғысы қажет. Толқынды типті диспергаторлар талаптарға сәйкес келетін аса төзімді су-отын эмульсияларын алуға мүмкіндік береді [5].

5.35-суретте мазут пен СМЭ жағу кезіндегі ластағыш заттардың концентрациясы көрсетілген.



5.35-сурет. ТММ-84 қазандықтарында мазутты және СМЭ жағу кезіндегі ЛЗ концентрациясы

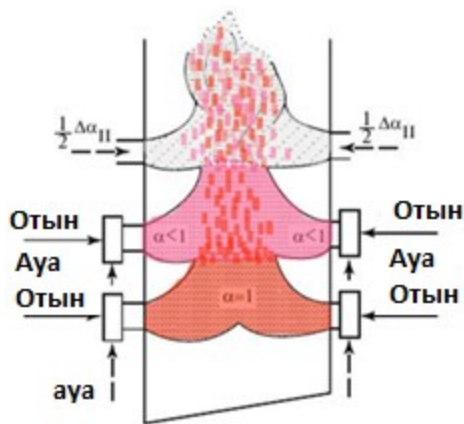
Су-мазут эмульсиясынан басқа, азот оксидтерінің пайда болуын азайту үшін сатылы жану қолданылады. Екі сатылы жағу схемасы 5.2.4-суретте көрсетілген. Негізгі оттықтар арқылы отын және ауаның бір бөлігі (артық коэффициент бірліктен аз), қалған ауа ағызу шүмектері (шлицтер) арқылы бөлек беріледі.



5.36-сурет. Екі сатылы жағу схемасы

Бірінші жағу кезеңінде оттегінің жетіспеушілігінен  $\text{NO}_x$  аз түзіледі, екінші жағу сатысында температураның төмендеуіне байланысты азаяды. Мұндай жағу әдісінің тиімділігі екінші үрлегішті енгізу орнына байланысты. Азот оксидтерінің төмендеуі 20-40 % болуы мүмкін. Екі сатылы мазутты жағу кезінде алау тартылады және оттықтың шығаберісіндегі газдың және шығымдық газдардың температурасы жоғарылауы мүмкін, бұл супер қыздырғыштың жұмыс жағдайына теріс әсер етеді және шығатын газдармен бірге жылу шығынын арттырады. Үш сатылы жағу кезінде негізгі жанарғылар 1-ге жақын ауаның артық болуымен жұмыс істейді, қосымша жанарғылар 1-ден аз ауа беріле отырып, негізгі жанарғылардан жоғары орнатылады, ауаның жетіспейтін бөлігі ағызу шүмектері арқылы беріледі. Қалпына келтіру аймағының жану ядросынан жоғары болуы (альфа 1-ден кем)  $\text{NO}_x$  дейін молекулярлық азотқа дейін ыдырауына мүмкіндік береді.

Тиімді қалпына келтіру процесі үшін газдардың температурасы кемінде  $1200^\circ\text{C}$  болуы тиіс.



5.37-сурет. Үш сатылы жағу схемасы

Азот оксидтерінің түзілуін азайтудың тағы бір әдісі - газдарды қайта өңдеу. Бұл әдіс азот оксидтерін 25–40 % төмендетуі мүмкін. Әдетте рециркуляция үшін экономайзерден кейін газдарды таңдау қолданылады. Қайта айналымды түтін сорғышты орнату қажет. Газды отынға берген кезде қатты әсер береді, газды оттық оймакілтегі арқылы берген кезде - аз әсер болады.



1-іс-шарасыз; 5-сатылы жағу; 6-сатылы жағу + газдарды рециркуляциялау

5.38-сурет. ТГМ-96б қазандықтарында азот тотықтарын басу әдістерін кешенді қолдану нәтижелері

ТГМ-96б қазандығында түтін газдарын рециркуляциялаумен сатылы жағуды кешенді қолдану нәтижесінде азот тотықтары 489,5 мг/м<sup>3</sup>-тен 68,3 мг/м<sup>3</sup>-ке дейін төмендеді.

### 5.2.3. Ластағыш заттар пығарындыларының сипаттамасы

Сұйық отынды жағу кезінде көміртегі тотығы, Со, азот оксиді, NO, NO<sub>2</sub>, күкірт және күкірт ангидридтері, SO<sub>2</sub> және SO<sub>3</sub>, ванадий қосылыстары, метан, сондай-ақ қазандық агрегаттарының қыздыру беттеріне жиналған қатты бөлшектер пайда болады.

Отынның барлық түрлері жанған кезде атмосфераға  $C_{20}H_{12}$  бенз(а)пирен шығарылады

**Күкірт оксиді.** Күкірт триоксиді, күкірт ангидридi,  $SO_3$  және күкірт диоксиді,  $SO_2$  деп бөлінеді. Өткір иісі бар түссіз газ. Уытты. Қауіптілік сыныбы - 3. Барлық тіршілік иелеріне зиянды әсерден басқа, күкірт диоксиді металл беттерінің коррозиясын арттырады және әртүрлі заттар мен материалдарға зиян келтіреді. Жағу өнімдеріндегі күкірт ангидридiнің құрамы күкірт газының 3 %-ынан аспайды. Сұйық отынды жағу кезінде күкірт оксидінің көпшілігі күкірт диоксидіне айналады. Жоғары температурада күкірт көміртегі, сутегі және оттегімен қосылып,  $SO_3$  күкіртүштігін,  $SO_2$  күкірт диоксидін,  $SO$  күкірт тотығын,  $H_2S$  күкірт сутегін құрайды:  $CS$  күкіртті көміртек. Барлық күкірт қосылыстарының 90 %-на дейін оттегі болған кезде  $SO_2$  күкірт диоксиді,  $SO_3$  түрінде 0,1 % басым болады, қалғаны  $SO$ -ға айналады. Қосымша тотығу SLE жабдықталған қондырғыларда пайда болуы мүмкін. Күн радиациясының әсерінен күкірт ангидридi күкіртке тотығады, содан кейін сумен біріктіріліп күкірт қышқылын түзе алады. Күкірт оксидтерінің мөлшері іс жүзінде жану процесін ұйымдастыруға байланысты емес және отындағы күкірт құрамымен анықталады.  $SO_2$ -нің 90 %-ы түгін газдарынан топыраққа 15-35 биіктік радиуста түседі. 10 %  $SO_2$  басқа аймақтарға көшеді

5.17-кестеде сұйық отынды жағатын қондырғылардың (қазандықтар, қозғалтқыштар, турбиналар) атмосфераға үлестік шығарындылары көрсетілген. Газойль (дизель отыны) тек газ турбиналары үшін резервтік отын болып табылады.

5.17-кесте. Қазақстан Республикасында сұйық отынды жағатын қондырғылардан атмосфераға шығатын үлестік шығарындылар [17]

Р/с №	Қондырғы типі	Жалпы жылу қуаты, МВт	$SO_2$ күкірттің қос тотығы, мг/нм <sup>3</sup>	$NO_x$ азот тотықтары мг/нм <sup>3</sup>	$CO$ көміртек тотығы, мг/нм <sup>3</sup>	Шаң, мг/нм <sup>3</sup>
1	қазандық	<100	12-1676	182-576	3-85	0,5-54
1		100-300				
			46-511	3-52	0,1-116	
2	қозғалтқыш	барлығы	93-604	118-2442	44-200	5-200
3	газ турбинасы		1-115	102-1085	1-680	1-7

Қазақстанда энергия өндіру үшін сұйық отынды жағатын 50 МВт және одан жоғары ірі қозғалтқыштар, сондай-ақ сұйық отынмен жанатын газ турбиналары жоқ. 5.18–5.19-кестеде сұйық отынды жағатын  $SO_2$  және  $NO_x$  концентрациясының деңгейлері және

5.23-кестеде 2013 жылғы 1 қаңтардан бастап салынған сұйық отынды жағатын жаңа қондырғыларға арналған SO<sub>2</sub> және NO<sub>x</sub> концентрациясының деңгейлері келтірілген.

5.18-кесте. Қазақстан Республикасында сұйық отынды жағатын қолданыстағы қондырғылардан атмосфераға шығатын үлестік шығарындылар

Р/с №	Қондырғы типі	Жалпы жылу қуаты, МВт	Келтірілген күкірт құрамы, % КГ / МДж	SO <sub>2</sub> күкірт қостотығы, альфа = 1,4 кезінде мг/нм <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> азот тотықтары, альфа = 1,4 мг/нм <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6
1	қазандық	<300		2000	400
			>0,045	3400	
				2000	500
			>0,045	3000	

5.19-кесте. 2013 жылғы 1 қаңтардан бастап жаңадан салынып жатқан, Қазақстан Республикасында сұйық отын жағатын қондырғылардан атмосфераға шығатын үлестік шығарындылар

Р/с №	Қондырғы типі	Жалпы жылу қуаты, МВт	Келтірілген күкірт құрамы, % кг/МДж	SO <sub>2</sub> күкірт қостотығы альфа = 1,4 болған кезде мг/нм <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> альфа = 1,4 кезіндегі азот тотықтары мг/Нм <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6
1	қазандық	<199		1200	250
			>0,045	1400	
		200-249		1800	
			>0,045	2000	
		250-299		700	350
			>0,045	780	

#### 5.2.4. Сұйық отынды жағу кезіндегі ЕҚТ. Ықтимал техникалар

5.20-кесте. Сұйық отынды жағу кезіндегі ЕҚТ

Р/с №	ЕҚТ	Әсері	Сипаттамасы	Әсері	Ескертпе
1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6

1	Сұйық отынды түсіру, сақтау, тасымалдау және жағуға дайындау кезіндегі ЕҚТ технологиялары				
1.1	ЕҚТ 67и	Топырақтың және судың ластануы	көлемі кем дегенде ең үлкен резервуардың сыйымдылығына тең сұйық отынды сақтау резервуарының айналасындағы герметикалық орама	отынның топырақ пен суға түсуін болғызбау	
1.2	ЕҚТ 67к		төгу жабдықтарына арналған алаңдар бетондалуы және төгілген мазутты тұзаққа түсіруге арналған жыралары болуы тиіс		
1.3	ЕҚТ 67л		нөсер және қар суы төгілгенге дейін тазалау жүйелерінде жиналуы және өңделуі немесе ЖЭС-те кәдеге жаратылуы тиіс		
1.4	ЕҚТ 67м	Өрт қауіпсіздігі	ашық ыдыстардағы мазутты жылыту температурасы және цистерналардан құю кезінде тұтану температурасынан 15 °С төмен, бірақ 90 °С жоғары болмауы тиіс	Өрт шығу қаупін болғызбау	
1.5	ЕҚТ 67м		барлық төгу жабдығы, сорғылар мен құбыржолдар мазутты айдау кезінде пайда болатын статикалық электрді бұру үшін және найзағайдың әсерінен қорғау үшін қорғау үшін жерге тұйықталуы тиіс		
2	ЕҚТ Режимдік-реттеу әдістері				
2.1	ЕҚТ 63б	No <sub>x</sub> төмендеуі	Артық ауаның бақыланатын төмендеуі	Төмендеуі 4.2.5-кестеде	СО артуы мүмкін
2.2	ЕҚТ 63в		Стехиометриялық емес жағу		
2.3	ЕҚТ 63г		Қазандықты қайта құрусыз екі сатылы жағу.		
2.4	ЕҚТ 63д		Қазандық конструкциясын өзгертуді талап ететін технологиялық әдістер:		
2.5	ЕҚТ 63д		Қазандықты реконструкциялап үш сатылы жағу		
2.6	ЕҚТ 63н		Төмен эмиссиялық оттықтарды орнату		



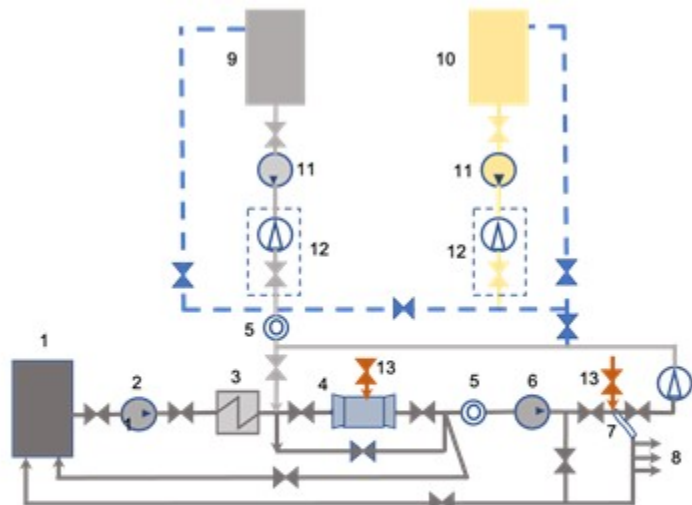
2.7	ЕҚТ 63и		Түтін газдарының рециркуляциясын ұйымдастыру		
2.8	ЕҚТ 63ф		СМЭ жағу технологиясын қолдану		
3	ЕҚТ Энергия тиімділігін арттыру технологиялары (4-бөлімді қараңыз)				
4	Сұйық отынды жағу кезінде SO <sub>x</sub> шығарындыларын азайту технологиялары				
4.1	ЕҚТ 64м	SO <sub>x</sub> төмендеуі	Күкірт мөлшері төмен отынды пайдалану немесе газды жағу есебінен жағылатын мазут үлесін азайту.	шығарынды көзіндегі SO <sub>x</sub> шығарындыларын азайту	
4.2	ЕҚТ 64а		Мазутты қоспалармен алдын ала араластыру		
4.3	ЕҚТ 64ж		Құрғақ күкірттен тазарту әдісі		
4.4	ЕҚТ 64к		Абсорбциялық-каталитикалық әдіс		
4.5	ЕҚТ 64з		Ылғал әкті әдіс (ЫӨӘ)		
4.6	ЕҚТ 64и		Аммиак-сульфат технологиясы (АСТ)		
4.7	ЕҚТ 64г		Түтін-газ конденсаторы		
4.8	ЕҚТ 64м		Газ үлесін ұлғайта отырып, сұйық отын мен газды бірлесіп жағу		
5	NO <sub>x</sub> шығарындыларын азайту технологиялар				
5.1	ЕҚТ 63е	NO <sub>x</sub> төмендеуі	SO <sub>2</sub> және NO <sub>x</sub> шығарындыларын азайтудың озонды-аммиакты әдісі		
5.2	ЕҚТ 63л		Түтін газдарын азот оксидтерінен және күкірт диоксидінен Б трилонының сулы-сілтілі ерітіндісін қолдана отырып абсорбциялық тазарту.		
5.3	ЕҚТ 63т		Селективті каталитикалық емес қалпына келтіру әдісі (СКЕК)		
5.4	ЕҚТ 63с		Селективті каталитикалық қалпына келтіру әдісі (СКК)		
5.5	ЕҚТ 68		Майлармен жұмыс істеу. Майдың шығынын және ҚО-ға түсуін болғызбау	3.9-бөлімді қараңыз	
6	Су объектілеріне төгінділер бойынша ЕҚТ (4.2-бөлімді қараңыз)				
7	Поршеньді қозғалтқыштардан шығарындыларды төмендету бойынша ЕҚТ (5.3-бөлімді қараңыз)				

8	Дизель отынын жағатын газ турбиналарынан шығарындыларды азайту жөніндегі ЕҚТ (5.3-бөлімді қараңыз )
9	Майлармен жұмыс істеу бойынша ЕҚТ (ЕҚТ 4.2.16 қараңыз)
10	ЕҚТ ықтимал әдістер (5.2.4-бөлімді қараңыз)

ЕҚТ 67л. Мазутты ағызу температурасы бойынша өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету Ашық ыдыстардағы мазутты жылыту температурасы және цистерналардан құю кезінде тұтану температурасынан 15 °С төмен, бірақ 90 °С жоғары болмауы тиіс. Өрт қауіпсіздігінің алдын алу.

ЕҚТ 67м. Жерге қосу есебінен өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету Барлық төгу жабдығы, сорғылар мен құбыржолдар мазутты айдау кезінде пайда болатын статикалық электрді бұру үшін және найзағайдың әсерінен қорғау үшін жерге тұйықталуы тиіс.

ЕҚТ 63ф. СМЭ жағу технологиясын қолдану СМЭ - бір-бірінде ерімейтін екі сұйықтықтан тұратын синтетикалық сұйық отын. СМЭ жағу кезінде жану процесі жылдам жүреді және зиянды шығарындылар азаяды.



1- мазут қоймасы, 2-І көтергіш сорпа, 3-мазутты жылытқыш, 4-кавитатор, 5-ақтап тазарту сүзгісі, 6-II көтергіш сорпа, 7-эмульгатор, 8-бүріккішке ВМЭ, 9-ағынды суларға арналған ыдыс, 10-реагент ерітіндісіне арналған ыдыс, 11 толықтырушы судың сорпабы, 12-реакция жасау торабы, 13-буды жеткізу

### 5.39-сурет. СМЭ дайындаудың аралас схемасы

Отын диспергаторларды, кавитаторларды, гомогенизаторларды, роторлы-пульсациялық аппараттарды және араластырғыштардың басқа да конструкцияларын пайдалануға болатын арнайы құрылғыда араластырылады.

СМЭ жағу схемаларының бірнеше нұсқалары бар: орталықтандырылған, жеке және аралас. Орталықтандырылған схемада СМЭ дайындау торабы бүкіл станцияға біреу, әрбір ҚА жеке схема, аралас схема қарастырылған. СМЭ дайындаудың орталықтандырылған схемасы қарапайым, бірақ су қосылған кезде бүкіл мазут жүйесі, соның ішінде мазут ыдыстары суланады, бұл алаудың сөніп қалу қаупін арттырады.

### 5.21-кесте. СМЭ пайдаланудың шамамен тиімділігі

P/c №	Су үлесі 10 % болған кезде СМЭ қолдану әсері	Жағылатын отынды үнемдеу мүмкіндігі, %
1	2	3
1	Жағуға берілетін мазутта бар суды эмульгациялау жолымен ұсақ дисперсті күйге ауыстыру	2 дейін
2	Оттықтағы ауаның артық болу коэффициентін 0,1-ге азайту	0,7
3	Шығатын газдардың температурасын 10 нС-қа азайту	0,6
4	10°С су үнемдегіште қоректік суды жылыту	1,6
5	Су экономайзеріне кіре берістегі қоректік су температурасының 10 нС-ға төмендеуі	0,24
6	Күйе бөлшектерінің шығарылуын азайту	0,2
7	Қазандықтың жылу алмасу беттерін таза ұстау.	2 дейін
8	Мазутты жылыту температурасын 30 нС-ға азайту	1 дейін
9	Бу бүркетін бүріккіштерді механикалық бүріккіштерге ауыстыру	1 дейін
10	Номиналды режимнен 75 % құрайтын режимде жұмыс істеу кезінде қазандық агрегатының номиналды ПӘК-ті қолдау	0,7
11	Эмульсия құрамындағы судың булануына кететін отын шығыны	0,8
12	Отынды ықтимал жиынтық үнемдеу (эмульсия құрамында судың булануына отын шығынын ескере отырып)	10-ға дейін

Су қосылмаған жағдайда орталықтандырылған схема ылғалдылығы жоғары мазутты жағу кезінде ҚА жұмыс режимдерінде пайдалану артықшылығына ие болады (20 %-ға дейін). Жеке схема әрбір ҚА-ға есептелген, бұл ретте қосымша су ретінде  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  реагенттерін және оларды отынның пайдалану қасиеттерін жақсарту мақсатында қолданылатын басқа реагенттерді пайдалану жеңілдетіледі. 4.2.2-суретте СМЭ дайындаудың аралас схемасы келтірілген.

Араластыру кезінде физикалық қасиеттері өзгереді. СМЭ-нің маңызды қасиеттерінің бірі - тұтқырлық. Көлік шығындарын бағалау үшін А.Эйнштейннің белгілі формуласын қолдану ұсынылады:

$$(5.1)$$

мұндағы:  $\gamma_M$  -мазуттың тұтқырлығы,

- судың үлесі.

Жағылатын СМЭ есептеу үшін қажет тағы бір маңызды сипаты - отынның жану жылуы. Калориметриялық қондырғыда зертханалық анықтама болмаған кезде жану жылуын Д.Менделеев формуласы бойынша есептеуге болады:

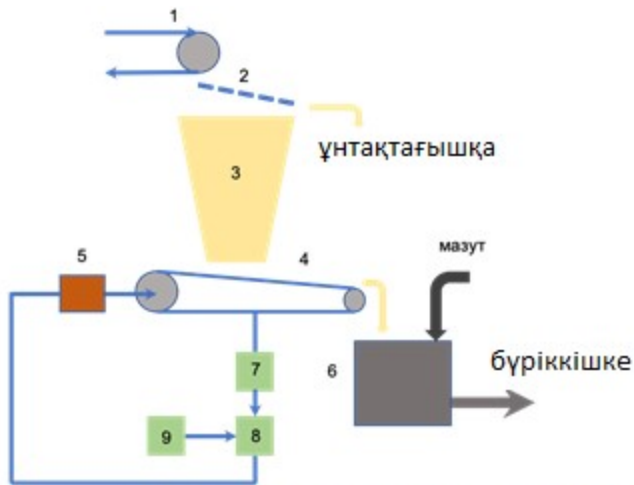
$$(5.2)$$

мұндағы:  $C, H, O, S, W$ -тиісінше көміртектің, сутектің, оттегінің, күкірттің және жұмыс массасына ылғалдың болуы, %.

Формулаларды қолдану бойынша әдеби дереккөздердегі келіспеушіліктерге қарамастан (5.1 және 5.2), инженерлік есептеулер үшін бұл формулалардың дәлдігі жеткілікті, әсіресе отынды жағу процесінің өзгеруі мен ауытқуы осы қателіктерді толығымен жабады. СМЭ қолданудың болжамды әсері 5.26 - кестеде келтірілген.

## **ЕҚТ 64а. Мазутты қоспалармен алдын ала араластыру**

Мұнай отындарынан күкіртті жоюды гидротазарту арқылы жүзеге асыруға болады. Бұл процесте сутектің күкіртті органикалық қосылыстарымен әрекеттесуі жүреді және күкірт пен оның қосылыстарын алу үшін тұтылатын күкіртсутек түзіледі. Процесс 300-400 сС температурада және 10 МПа дейінгі қысымда молибден, кобальт және никель оксидтерінің катализаторлары болған кезде жүреді. Жағылатын отынның күкіртті мөлшерін тотықтырғыштарды (газдандыру) қолдана отырып немесе оларсыз (пиролиз) жоғары температураға ұшырату арқылы азайтуға болады. Отынды газдандыру 900-1300 уС температурада және оттегінің шектеулі қолжетімді болған кезде жүреді. Осы реакция нәтижесінде газ пайда болады, оның жанғыш компоненттері метан және оның гомологтары, көміртегі тотығы және сутегі. Күкірт отынынан күкірт сутегі -  $-O_2$ -ге қарағанда анағұрлым белсенді зат түзіледі, оны қазандық оттығына жанғыш газ түскенге дейін шығаруға болады. Энергетикалық таза отынды жоғары температуралы пиролиз арқылы алуға болады, одан кейін қатты өнімді (мұнай коксын) газдандыруға болады. Мазуттың пиролизі оны тотықтырғыш қолжетімсіз болған кезде 700-1000 сС температураға дейін қыздырған кезде пайда болады. Мазуттың пиролизі шашыратылған мазуттың қозғалмайтын және қозғалатын күйде болатын жылу тасымалдағышпен (ЭНИН әдісі бойынша) тікелей жанасуы кезінде жүзеге асырылады. Жылу тасымалдағыш ретінде ұсақ түйіршікті және шаңды күйдегі қатты заттар (кварцит, мұнай коксы), 7 а су буы қолданылады. Пайда болған жанғыш газ күкіртті қосылыстардан және басқа да қажетсіз қоспалардан тазартылады және таза энергетикалық отын ретінде пайдаланылады. Қазандық отынын терең күкіртсіздендіру (2,5-тен 0,5 %-ға дейін), сондай-ақ отынды газдандыру және пиролиздеу оның құнының бірнеше есе артуына алып келеді, сондықтан бұл әсіресе қажет болған жағдайларда ғана орынды болуы мүмкін (фондық ластануы жоғары болған кезде ірі қалалардың ЖЭО үшін). Үнемділік зиянды шығарындылардың пайда болуының азаюымен және мазутты жағу кезінде қыздыру беттеріндегі шөгінділердің азаюымен, өз қажеттіліктеріне электр энергиясының шығынының өзгеруімен және ҚА ПӘК өзгерген кезде отын шығынының өзгеруімен бірге қарастырылады. Сұйық энергетикалық отынды жағу қарқындылығын арттырудың тағы бір жолы мазуттарды эмульсиялау процесін ұйымдастырумен, сондай-ақ отынға оның пайдалану қасиеттерін жақсартатын арнайы заттарды, - көп функциялы қоспаларды қосумен байланысты.



1– қоспаны беру, 2- гүрсіл, 3– бункер, 4-толықтырушы, 5- электр қозғағыш, 6-араластыру торабы, 7-қоспа шығыны датчигі, 8-ЖРС басқару блогы, 9-қоспа массасы шығынының датчигі

#### 5.40-сурет. Қоспаны беру схемасы

Қатты қоспалар ретінде каустикалық магнезит ( $MgO$  65-80 %), доломит, каолин,  $MgO$ ,  $Mg(OH)_2$  қолданылады. Қатты қоспаларды екі жолмен енгізуге болады: тікелей пешке үрлеу және жағу алдында отынмен алдын ала араластыру. БТИ-4ст бишофит минералы негізінде жасалған БТИ қоспасы энергетикада кеңінен қолданылды.  $MgCl_2$  кристалды құрылымына кіретін магний ионы осы қоспаның белсенді бастауы болып табылады. Бишофит құрамында 46-50 % белсенді зат (магний хлориді) және ылғал бар. БТИ-4ст қоспасы және оның магний негізіндегі сорттары жоғары күкіртті мазут күлінің коррозиялық белсенділігін азайтуға арналған.

Күлдегі магний мөлшерінің жоғарылауы оның балқымаға өту температурасын жоғарылатады, ал түзілген магний оксиді күкірт триоксидімен әрекеттесіп, оны бейтарап сульфаттарға байланыстырады, осылайша түтін газдарындағы  $SO_3$  құрамын және олардың шық нүктесін төмендетеді. БТИ-4ст қоспасының арқасында мазуттарды, әсіресе жоғары күкіртті жағу кезінде қазандықтардың қыздыру беттерінің ластануы төмендейді және олардың коррозиялық зақымдануының алдын алады. Жанармаймен алдын ала араластыра отырып, қоспаны беру схемасы 5.40 - суретте көрсетілген. Қоспаның дозасы басқару блогы арқылы қоректендіргіштің реттелетін жетегі есебінен жүргізіледі. Энергетикалық қондырғының жүктемесіне, отынның сапасына байланысты қоспа шығынының хабаршысы қоспа мен отын шығыны туралы сигнал келіп түсетін басқару блогына қажетті сигнал береді, бағдарламалық жасақтаманы қолдана отырып басқару блогы қоректендіргіштің электр жетегінің ЖРС арқылы қоспаның шығынын түзетеді.

#### Режимдік-реттегіш техникалар

Артық ауаның бақыланатын төмендеуі.  $\text{NO}_x$  шығарындыларының төмендеуі,  $\text{CO}$  шығарындыларының ұлғаюы мүмкін (ЕҚТ 4.18-ді қараңыз)

Стехиометриялық емес жағу.  $\text{NO}_x$  шығарындыларының төмендеуі,  $\text{CO}$  шығарындыларының ұлғаюы мүмкін (ЕҚТ 4.19-ды қараңыз)

Қазандықты қайта құрусыз екі сатылы жағу.  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайту (ЕҚТ 4.4.20-ны қараңыз)

**Қазандықтың конструкциясын өзгертуді қажет ететін технологиялық әдістер**  
Қазандықты реконструкциялап екі сатылы жағу.  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайту (ЕҚТ 4.22-ні қараңыз).

Төмен эмиссиялық қыздырғыш.  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайту (ЕҚТ 4.21-ді қараңыз).

Түтін газдарының қайта айналымы.  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайту (ЕҚТ 4.26-ны қараңыз).

**ЕҚТ 64в.  $\text{SO}_2$  және  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайтудың озон-аммиакты әдісі**  
Бұл әдіс азот оксидтері мен күкірт оксидтерін бір уақытта тазартуға мүмкіндік береді. Осы технологияда шығатын газдарға күшті тотықтырғыш - озон енгізіледі, ол су және су ерітінділері жақсы сіңіретін төмен реакцияланған күкірт пен азот оксидтерін ( $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}$ ) жоғары оксидтерге дейін ( $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ) тотықтырады. Осылайша алынған қышқыл ерітіндісі аммиакпен бейтараптандырылып, тұздар (сульфаттар мен нитраттар) пайда болады.

**ЕҚТ 64л Трилон Б сулы-сілтілі ерітіндісін қолдана отырып, түтін газдарын азот оксидтері мен күкірт диоксидінен абсорбциялық тазарту**  
Түтін газдарын  $\text{NO}_x$  және  $\text{SO}_2$ -ден тазартудың қолданыстағы технологиялары оған қосымша тотықтырғышты (мысалы, озонды) немесе қосымша тотықсыздандырғышты (аммиакты) енгізуді көздейді, екі ингредиент те қауіпті заттарға жатады және қауіпсіздіктің конструктивті шешімдерін талап етеді, бұл олардың қолданылуын қымбаттатады. ЭНИН құрамында  $\text{FeaЭДТА2}$  - және  $\text{NaOH}$  натрий гидроксиді кешені бар ерітіндімен азот оксидтері мен күкірт диоксидін сіңіруге негізделген түтін газдарын  $\text{NO}_x$  және  $\text{SO}_2$ -ден бір мезгілде абсорбциялық тазарту технологиясын әзірледі.

**ЕҚТ 64н. Түтін газын көмірқышқыл газынан ( $\text{CO}_2$ ) тазартудың абсорбциялық әдістері**

Қазіргі уақытта химия өнеркәсібіндегі әртүрлі технологиялық газдарды  $\text{CO}_2$ -ден тазарту үшін 1930 жылдардан бастап қолданылатын көптеген абсорбциялық әдістер жасалды. Олардың ішінде су абсорбенті, органикалық еріткіштер, амин немесе сілтілік металл карбонаттарының су немесе органикалық ерітінділері ретінде қолданылатын

технологиялар бар. Барлық осы әдістер әртүрлі ерітінділермен  $\text{CO}_2$  қайтымды хемосорбция және/немесе физикалық абсорбция процестеріне негізделген. Газ ағынынан көмірқышқыл газын алу екі кезеңде жүзеге асырылады: алдымен газды дымқыл жуу арқылы көмірқышқыл газы жуу ерітіндісіне ауысады, содан кейін температураны жоғарылату немесе қысымды төмендету арқылы  $\text{CO}_2$  ерітіндіден шығарылады (кейіннен пайдалану үшін), ал қалпына келтірілген абсорбент газды көмірқышқыл газынан тазарту үшін қайтадан қолданылады. Қысым мен температураның ауытқуы кезінде газды сіңіруге негізделген тазартудың бұл әдісі PTSA технологиясы деп аталады (Pressure and Temperature Swing Adsorption). Моноэтаноламиннің (МЭА) сулы ерітінділерін абсорбент ретінде пайдалану әдістері өнеркәсіпте кеңінен қолданылады. 1990-шы жылдардан бастап бұл әдістер әртүрлі технологиялық газдарды тазартатын барлық қондырғылардың 40 %-дан астамында қолданылды. Бұл процесс энергетиктерді де қызықтырады, өйткені басқа әдістерден айырмашылығы, ол тіпті атмосфералық қысым кезінде де тиімді ( $\text{CO}_2$  ішінара қысымы 0,02 МПа-дан аз), яғни отын жағудың дәстүрлі әдістері бар ЖЭС түтін газдары үшін тиімді.

#### **ЕҚТ 63т. Азот оксидтерін селективті каталитикалық емес азайту әдісі (СКЕК)**

Әлемдік энергетикада кеңінен таралған түтін газын  $\text{NO}_x$ -тан тазарту технологиясы да селективті болып табылады, яғни аммиак немесе несепнәр қолдану арқылы жүргізіледі, бірақ  $\text{NO}$ -ны молекулалық азотқа каталитикалық төмендетіледі. Катализаторсыз қалпына келтіру процесі 850-ден 1100 нС-қа дейінгі температура аралығында жүреді, бұл қолданылатын реагент түріне байланысты. Аммиакты қолдану қосымша қауіпсіздік шараларын қажет етеді, сондықтан ресейлік зерттеушілер карбамидпен зертханалық және өнеркәсіптік тәжірибелер жүргізді. Ресейде Губкин университеті несепнәрді қолдана отырып, БТИ-мен бірге СКЕК әдісін патенттеді. Технология Кашир МАЭС және Тольятти ЖЭО-да енгізілді (оларды газ жағуға ауыстырғанға дейін). СКЕК орнатқаннан кейін алынған азот тотықтарын тазарту нәтижелері азот тотықтарының концентрациясы 150-200 мг/м<sup>3</sup> құрады. 4.1.3 - суретте СКЕК схемасы келтірілген. Бұдың көмегімен аммиак немесе аммиак суы Вентури құбыры түрінде араластырғыштарға буланып, бу түрінде қазандыққа құйылады. СКЕК процесінің мынадай ерекшеліктері бар:

температураның жоғарылауымен тазарту тиімділігі 900 іС максималды деңгейден өтеді;

барлық жағдайларда 1 моль азот оксидін бейтараптандыруға арналған аммиак шығыны 1 моль-ден асады және температураның жоғарылауымен жоғарылайды;

аммиактың ағуы температураның жоғарылауымен үнемі төмендейді. 5.44 - суретте СКЕК схемасы келтірілген.





Шығатын түтін газдары күлтүтқышқа жіберіледі, онда олар реакцияға түскен сорбенттен және ұшпа күлден тазартылады. Әктасты пайдалану коэффициентінің төмен болуына байланысты күкірт оксидтерін 30-55 % шегінде байланыстыру, шығынның ұлғаюы, мұның өзі қатты қалдықтардың көп мөлшеріне және сақтау проблемаларына әкеледі. Белсенді сорбенттерді - карбонаттар мен калий гидроксидтерін қолданған кезде  $\text{SO}_2$ -мен әрекеттесу төмен температура аймағында жүреді, ал калий сульфаты түріндегі қалдық сорбент бастапқы материалға қарағанда құнды өнім болып табылады және оны тыңайтқыш ретінде пайдалануға болады.

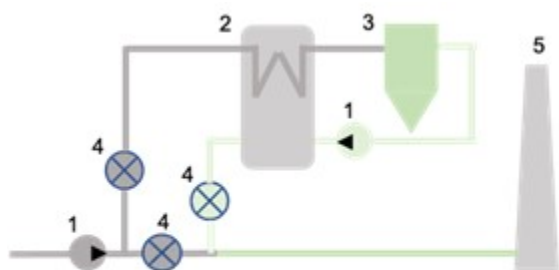
#### **ЕҚТ 64к- Түтін газын $\text{SO}_2$ -ден тазартудың абсорбциялық-каталитикалық әдісі**

Бұл әдіс абсорбциялық және каталитикалық әдістердің артықшылықтарын біріктіреді. Түтін газдары екі фазалы су - катализатор жүйесі арқылы өтеді. Ондағы күкірт диоксиді сумен сіңіп, катализаторда күкірт қышқылына айналады, газ құрамындағы оттегімен  $\text{SO}_3$ -ке тотығады. Процесс 20-90 °C температурада жүреді. Катализатор ретінде белсендірілген көмір қолданылады.

#### **ЕҚТ 64з. $\text{SO}_2$ Ылғал-кальцийлі тазарту әдісі**

Түтін газдарын абсорбермен, қоссулы гипс ала отырып әктас суспензиясымен қарқынды шаюға негізделген. Бұл технология мүлдем қауіпсіз, өйткені әктас та, гипс те бейтарап, ерімейтін заттар. Бұл процестің негізі - қатты кальций сульфиті мен көмірқышқыл газын шығару үшін әктас суспензиясының көлемінде түтін газдарының әктаспен жанасуы нәтижесінде пайда болатын химиялық реакция:

Процесс мұнаралы циркуляциялық типті абсорберде жүргізіледі. Сіңіргіштің төменгі бөлігінде кальций сульфитінің суспензиясы жиналады. Осы суспензия қабаты арқылы ауаны барботажадаған кезде реакция бойынша кальций сульфитінің қоссулы кальций сульфатына (гипске) дейін тотығуы жүреді:



1-түтін тартқы, 2-регенеративті қыздырғыш,  
3-абсорбер, 4-шибер, 5-түтін құбыры

#### 5.42-сурет. Күкірт тотықтарынан ылғалды әкпен тазарту схемасы

Түтін газдары түтін сорғышпен 1 регенеративті газ қыздырғыш (РМК) 3 арқылы 3 жуу мұнарасына жіберіледі. Жуу мұнарасының алдында түтін газын салқындату қажеттілігі кальций карбонатының күкірт диоксидімен әрекеттесуі тек салыстырмалы түрде төмен температурада шамамен 50 °С тиімді болатындығына байланысты, ал түтін мұржасының алдындағы шығатын газдардың температурасы 7-80 °С-тан төмен болмауы керек. ҮІӨ технологиясы әлемдік тәжірибеде кеңінен қолданылады, өйткені оның айтарлықтай артықшылықтары бар:

жоғары тұту дәрежесі;

кез-келген жерде табиғи әктастың болуы және қол жетімділігі.

Кемшіліктері:

техникалық су шығынының көптігі;

минералданған сарқынды сулар мөлшерінің көптігі;

жоғары үлестік құны (150-200 \$/кВт);

өз қажеттіліктеріне электр энергиясы шығынының ұлғаюы (3-4 %-ға).

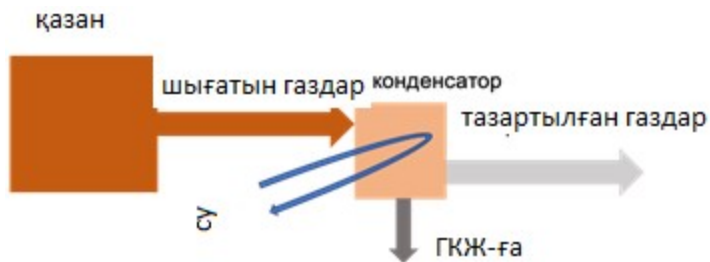
#### **ЕҚТ 64и. АСТ - Аммиак-сульфатты технология**

Диоксид пен күкірт триоксидін аммиактың сулы ерітіндісімен байланыстыруға негізделген, содан кейін қалыптасқан өзара әрекеттесу өнімдерін екі бағытта қолдануға болатын тұрақты аммоний сульфатына тотықтырады:

сұйық түрде, тұрақты жөнелтіп отыру қажет;

құрғақ түрінде қосымша жабдық қажет: буландыру қондырғысы, центрифуга, кептіргіш және т. б.





5.44-сурет. Түтін газдарының конденсаторын қосу схемасы

Сонымен қатар, шаң бөлшектері технологиялық сумен сіңіріледі. Түтін газдарынан алынған энергия я түтін газдарының температурасын төмендету, ішінара бу конденсациясы есебінен-жүйеден қазандықтың жылыту жүйесіне немесе ыстық су, ЖСТ және т.б. қажеттіліктері үшін шығарылады. Конденсатордан кейінгі газдардың температурасы 30-50 °С дейін төмендеуі мүмкін, бұл ретте КА ПӘК 2-3 %-ға артуы мүмкін. SO<sub>2</sub> шығарындыларын 25 мг/Нм<sup>3</sup> дейін төмендету. Түтін газдарындағы будан пайда болған ластанған конденсатты ГКШ-ға немесе тазалаудан кейін кәрізге тастауға болады. Конденсаттың агрессивті қасиеттеріне байланысты конденсаторды коррозияға төзімді материалдардан жасау ұсынылады.

Әлемдік тәжірибеде жылу әлеуетін толық пайдалану үшін жылу сорғыларына негізделген технологиялар қолданылады.

**ЕҚТ 64м. Құрамында күкірті төмен отынды пайдалану және газды жағу есебінен мазут үлесін азайту**

ЕҚТ құрамында күкірт мөлшері аз отынмен сұйылту арқылы күкірт оксидтерінің түзілуін азайтады. Әсері мазуттағы күкірттің бастапқы құрамына және газды сұйылту үлесіне байланысты.

**ЕҚТ 35. Аралас цикл (БГК) есебінен сұйық отынды жағатын ГТҚ-ның энергия тиімділігін арттыру (3.3 және 5.3-бөлімдерді қараңыз).**

**ЕҚТ 63у. NO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту үшін бу немесе су бүрку (7.3.10-ды қараңыз).**

5.22-кесте. Күкірттен тазарту техникаларын салыстыру

Р/с №	Көрсеткіші	Күкірттен тазарту техникасы			
		кұрғақ әктасты	ылғалды-кұрғақ технология	ылғалды әктасты	аммиак-сульфатты
1	2	3	4	5	6
1	күкірт қостотығының тұтылу дәрежесі, %	30-50	50-70	95-98	86-99

2	үлестік күрделі шығындар, \$/кВт*	9-15	15-20	125-150	80-90
3	тұтылған 1 т күкірт қостотығының құны	270-330	240-350	290-320	200-215

\* Ресей зауыттарының деректері.

### 5.23-кесте. Азоттан тазарту техникаларын салыстыру

Р/с №	Азот оксидтерін төмендетуді қамтамасыз ететін техника	Төмендеу дәрежесі, %
1	2	3
1	жану процесін оңтайландыру	15 дейін
2	екі сатылы жағу;	15-30
3	төмен эмиссиялық жанарғылар	30-40
4	үш сатылы жағу.	40-45
5	екі сатылы жағу және төмен эмиссиялық жанарғылар	40-65
6	үш сатылы жағу және төмен эмиссиялық жанарғылар	60-75
7	СКЕК	40-60
8	СКҚ	40-90
9	екі сатылы жағу және СКЕК	50-75
10	үш сатылы жағу және СКЕК	70-90

ЕҚТ 68. Майлармен жұмыс істеу кезінде (түсіру, сақтау) шығындар мен ластануларды болғызбау және азайту мақсатында бір немесе бірнеше техниканы пайдалану

1) резервуарларды майдың берілген немесе шекті деңгейіне жеткен кезде резервуарларға май беретін сорғылардың сигнализациясы мен жұмысын бұғаттауды қамтамасыз ететін май деңгейінің көрсеткіштерімен жабдықтау;

2) май резервуарларын май ысырмаларымен немесе қайта іске қосу клапандарымен және кептіргіштің жай-күйінің индикаторларымен, резервуарлардың тыныс алу желілеріндегі ЖҚҚ, ал сыйымдылығы 30 м<sup>3</sup> астам резервуарларды-қосарланған ЖҚҚ (бір кронштейнге параллель екі ЖҚҚ) жабдықтау;

3) резервуарлардың (май бактарының) ішкі беттерін арнайы май-бензинге төзімді тоттануға қарсы жабындардың көмегімен қорғау, олардың материалы майдың әсеріне инертті (яғни ұзақ мерзім бойы жанасқанда ыстық (70 қС дейін) майдың сапасына теріс әсер етпейді;

4) Ашық қоймадағы май бактарын және май құбырларын жылу оқшаулағышпен және бактардың, құбыржолдардың түбін жылыту құрылғыларымен, мысалы, бу немесе су спутниктерімен немесе электр қыздырғыш кабельдермен жабдықтау;

5) Ұсынымдарына сәйкес резервуарларда май сынамаларын алуға арналған нүктелердің құрылғысы, май аппаратының және ЖҚБ, май құбырларының схемалары;

6) майлардың ашық қоймасындағы май бактарын, май аппаратының схемаларын, міндеті (трансформаторлық, турбиналық, отқа төзімді, индустриялық) және сапасы ( жаңа піскен, дайындалған, пайдаланылатын, пайдаланылған) бойынша әртүрлі жеке сақтауға, өңдеуге, тасымалдауға арналған май құбырларын мамандандыру;

7) технологиялық және дренаждық май құбырларында тікелей резервуарларда оларды май шаруашылығы схемасынан ажырату және май құбырлары зақымданған кезде май құю көлемін болғызбау немесе азайту мүмкіндігін алу үшін ілмекті арматура орнату;

8) резервуарлардың «тыныс алуы» кезінде майдың қоршаған ортадан ластануын болғызбау үшін резервуарларды гидроысырмалармен толтыру желілерін жабдықтау;

9) Май шаруашылығы схемаларын майдың сапасын, оның ішінде өнеркәсіптік тазалық сыныбын, судың құрамын бақылаудың кіріктірілген датчиктерімен, сондай-ақ майдың үлестік өткізгіштігін (кедергісін), деңгей көрсеткіштерімен, қысым және температура датчиктерімен, майларды қайта айдауды есепке алу үшін көлемді есептеуіштермен жаратандыру;

10) май құбырларын майлардың ағуы мен дренажын жинауға арналған ернемектерге арналған науалармен және қорғаныш қаптамалармен жабдықтау.

11) май жинауға арналған материалдар қорын олардың төгілуі, ағуы мүмкін жерлерге орналастыру;

12) қатты жабыны бар, жауын-шашыннан қорғалған алаңдарда немесе жабық үй-жайларда майлармен ластанған қатты қалдықтардың жиналуы;

13) қалдықтарды залалсыздандыруға арналған арнайы қондырғыларда қатты және паста тәрізді майланған қалдықтарды залалсыздандыру;

14) майлардың қасиеттерін оларды өз күшімен немесе бөгде ұйыммен тазарту жолымен қалпына келтіру;

15) ҚТЭҚ-ның жеке қосалқы жабдықтарында, автокөліктерде негізгі технологиялық жабдықтарда қолдануға жарамсыз трансформаторлық және турбиналық майларды пайдалану немесе оларды ұқсас мақсаттар үшін басқа ұйымдарға беру;

16) пайдаланылған майларды кәдеге жарату (қалпына келтіру) үшін мамандандырылған ұйымдарға беру;

17) сұйық отынды қоспада энергия өндіру үшін пайдаланылған майларды кәдеге жарату.

### **5.3. Газ жағу қондырғылары**

Қазақстанда энергия өндіру мақсатында қолданылатын жылу қуаты 50 МВт-тан асатын газ жағу қондырғыларын газ қазандықтары (энергетикалық және су жылыту) және газ турбиналары деп екі топқа бөлуге болады. Газ қозғалтқыштары осы анықтамалықта қаралмайды. Қазақстанның газ-мазут ЖЭС белгіленген қуаты шамамен 3990 МВт (Қазақстан электр станцияларының барлық белгіленген қуатының 17,4 %), газ-турбиналы ЖЭС қуаты шамамен 2000 МВт (8,72 %) құрайды.

5.24-кестеде Қазақстанның газ-мазутты ЖЭС генерациялайтын қуаттары көрсетілген.

5.24-кесте. Қазақстанның газ-мазутты ЖЭС генерациялайтын қуаттары

Р/с №	ЖЭС	Пайдалануға берілген жылы	Белгіленген қуаты	ШКБ қысымы
1	2	3	4	5
1	«Т.И. Батуров атындағы Жамбыл МАЭС» АҚ	1967	1230	13 МПа
2	Алматы ЖЭО-1 «АлЭС» АҚ	1960	145	10 МПа және одан кем
3	«Ақтөбе ЖЭО» АҚ	1944	118	10 МПа және одан кем
4	«Қазхром» ТҮК АФЗ ЭС	1996	134,8	10 МПа және одан кем
5	«Атырау ЖЭО» АҚ	1962	314	10 МПа және одан кем
6	«АМӨЗ» ЖШС ЖЭО	1944	30	10 МПа және одан кем
7	Орал ЖЭО	1960	58,5	10 МПа және одан кем
8	ЖЭО-1 МАЭК	1962	75	10 МПа және одан кем
9	ЖЭО-2 МАЭК	1968	630	13 МПа және 10 МПа
10	ЖЭС МАЭК	1983	625	13 МПа
11	«Таразэнергияорталығы» МКК Жамбыл ЖЭО-4	1963	60	10 МПа және одан кем
12	«3-Энергия орталық» АҚ (Шымкент ЖЭО-3)	1981	160	10 МПа және одан кем
13	Қостанай ЖЭО КТЭК ТҚП	1961	12	10 МПа және одан кем
14	«Қызылорда жылу электр орталығы» МКК Қызылорда ЖЭО-6	1976	67	10 МПа және одан кем

Қазақстанда жылу қуаты 50 МВт-тан асатын газмазуттық су жылыту қазандықтары мен газтурбиналық қондырғыларды (3.3-бөлім) ескере отырып, энергия өндіру үшін газбен жұмыс істейтін 191 ірі отын жағатын құрылғы орнатылған.

### 5.3.1. Қондырғының ерекшеліктері

ЖЭС табиғи газды тасымалдау магистральдық газ құбырлары арқылы жүзеге асырылады. Жеткізу алдында газды өңдеу мыналарды қамтиды: газды механикалық қоспалардан тазарту; күкірт қосылыстарын терең тазарту ( $H_2S$  рұқсат етілген қалдық құрамы  $0,02 \text{ г/м}^3$  артық емес, немесе  $0,0013 \%$ ); газдан отын ретінде пайдаланылатын (

сұйытылған газ) жоғары көмірсутектерді алу мүмкіндігі (негізінен, пропан мен бутан); газды құрғату; газды одоризациялау (ауаның құрамындағы газды анықтауға мүмкіндік беретін иіс беру).

Газбен жұмыс істейтін электр станцияларында газ реттегіш пункт (ГРП) көзделуі тиіс, оның өнімділігі барлық жұмыс қазандықтарының ең жоғары газ жұмсау шығынымен есептеледі. ГРП шегінде және қазандықтарға дейін барлық газ құбырлары жер үстімен төселеді, бұл ретте газ құбырларында тек болат арматура ғана қолданылуы тиіс. ГРП газ құбырлары, оның ішінде сыртқы кіру құбырлары дыбыс сіңіргіш оқшаулағышпен жабындалуы тиіс.

ГРП үй-жайларында кемінде үш рет 1 сағат ауа алмасуды қамтамасыз ететін табиғи және электрлік жарықтандыру және табиғи тұрақты жұмыс істейтін желдету болуы тиіс ; олар жылытылуы және температурасы кемінде 5 eC болуы тиіс.

ЖЭС табиғи газбен жұмыс істеу кезінде газ-ауа қоспаларының жарылыс қауіптілігіне қатаң бақылау жүргізілуі және персоналдың газ отынының уытты компоненттерімен улануын болғызбау жөнінде шаралар қабылдануы тиіс.

ГРП-дағы газ қысымы екі түрлі реттегіштермен: тікелей әсер ететін мембраналық және электронды реттегіштермен төмендетіледі.

Электрондық реттегіштер деп реттегіш залдан тыс жерге орнатылған және ұзындығы 6 м аспайтын жапқышпен байланыстырылған электрлік орындаушы механизмнен істейтін жетегі бар бұрама жапқышты айтады. Мұндай реттегіштердің өнімділігі қабылданған диаметрге байланысты, бұл екі реттеу тізбегімен - жұмыс және резервтік тізбектермен шектелуге мүмкіндік береді. Қысым реттегіштерінің артында серіппелі әсер ететін қысым реттегіштерінің ең үлкен өткізу қабілетінің кемінде 10 % көлемінде өткізу қабілеті бар екі сақтандырғыш қысым түсіру құрылғысы тұруы тиіс. Отын жағатын қондырғының қоректендіруші құбырындағы газ қысымын қажетті шамаға дейін төмендету қосымша турбинада (турбодетандерде) жүзеге асырылуы мүмкін, бұл сығылған газ энергиясы есебінен электр энергиясын өндіру көлемін арттыруға мүмкіндік береді.

Газ құбырларын үрлеу үшін үрлеу шамдары орнатылады. Газ құбырлары газбен толтырылған кезде барлық ауаны ығыстырғанға дейін, ал газдан босатылған кезде барлық газды ығыстырғанға дейін ауамен үрленуі тиіс. Мұның қажеттілігі газдың ауамен белгілі бір пропорцияда жарылғыш қоспаны қалыптастыру қабілетіне байланысты. Газ құбырларын үрлеуге арналған құбырлар (шырақтар) және ГРП сақтандырғыш қысым түсіру құрылғыларынан келетін құбырлар газдың сейілуіне арналған жағдайларды қамтамасыз ететін орындарға, бірақ ғимарат корпусынан кемінде 1 м жоғары жерге сыртқа шығарылуы тиіс.

**Газ қазандықтары**



Энергияны бұдан электр энергиясына тиімді түрлендіру үшін қазіргі газ қазандықтары бұдың шектен асқан параметрлерін қолданады (қысым 24 МПа-дан жоғары және температура 545 аС-тан жоғары).

Қазақстанда бұдың шектен асқан параметрлеріне арналған энергетикалық қазандықтар жоқ. Қазақстандағы ең ірі газ қазандықтары 200 МВт блоктарға арналған, жедел бу параметрлерімен жұмыс істейтін: қысымы - 13,8 МПа, температурасы-545 ыС бу қазандықтары (бастапқы бу өнімділігі 640 т/сағ ПК-47–3 және бу өнімділігі 670 т/сағ ТГМЕ-206) болып табылады. Номиналды жүктеме кезінде бу қазандықтарында брутто тиімділігі 92,8 % құрайды.

Қазақстандағы газ қазандықтары негізінен ЖЭО және қазандықтардың орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйелерінде қолданылады. Олардың көпшілігінің жылу өнімділігі 50 МВт-тан 300 МВт-қа дейін. Бұл қазандықтардың көпшілігі сұйық отынды төтенше жағдайларда (мазут резервтік отын ретінде пайдаланылады) және іске қосу режимдерінде қолдана алады және оларды әртүрлі отынды жағу режимінде пайдалануға болады. Жылу қуатының осы диапазонында жану қондырғылары үшін  $SO_2$  және  $NO_x$  шығарындыларының шектеулерін арттыру, табиғи газды тиімді пайдалануды ынталандырады.

Газ қазандықтарының жанарғыларын бір немесе бірнеше деңгейде орналастыруға болады, тізбектеп немесе қарама-қарсы оорналастырылады. Қыздырғыш құрылғыларды қазандықтың жағу камерасының төрт бұрышында бірнеше деңгейде орналастыруға болады. Кейбір жағдайларда жанарғылардың төменгі орналасуы қолданылады. Газ қазандықтарына арналған отынды жағу жүйелері көмір немесе сұйық отыны бар қазандықтардағы жүйелерге ұқсас. Газ тәрізді отын көмір, қоңыр көмір, биомасса немесе сұйық отын қазандықтары үшін көмекші немесе жанғыш отын ретінде де қолданылады.

Қазіргі уақытта табиғи газбен жұмыс істейтін энергетикалық қазандықтарда газдарды алдын-ала араластыратын жанарғылар аз. Мұндай жанарғылар Францияда (2014 жыл) энергетикалық қазандықта, АҚШ-та мұнай-газ секторында пайдаланылатын бу генераторларында сәтті енгізілді. Газ қазандығындағы отынды алдын-ала араластыратын жанарғылардағы  $NO_x$  шығарындылары артық ауа деңгейіне және ауа мен газ тәріздес отын қоспасының сапасына байланысты.  $NO_x$  шығарындылары артық ауа деңгейіне байланысты.  $NO_x$  шығарындыларының өте төмен деңгейіне қол жеткізу үшін (20 мг/нМ<sup>3</sup>-тен аз) 40-80 % артық ауа қажет. Ауа 40 %-дан аз болған кезде  $NO_x$  шығарындылары тез артып, қарапайым газ қазандықтарының шығарындыларына жетеді. Ауа 80 %-дан асып кеткен кезде, жалынның температурасы өте төмен болады, бұл сарқылған алдын-ала араластырылған отынның жану тұрақтылығына әсер етуі

мүмкін. Әдетте, осы техниканың көмегімен  $\text{NO}_x$  50 мг/нМ<sup>3</sup>-тен төмен деңгейге қол жеткізіледі. Өнеркәсіптік жағдайда модельдерге жүргізілген сынақтар мынаны көрсетті :  $\text{NO}_x$  шығарындыларының шамамен 20-30 мг/нМ<sup>3</sup> (3 %  $\text{O}_2$ ) деңгейіне түтін газдарының сыртқы айналымымен бірге алдын-ала араластырылған қыздырғышты қолданған кезде қол жеткізуге болады. Бұл ретте күрделі шығындар мен операциялық шығыстардың айтарлықтай өсетінін атап өткен жөн.

### **Газ турбиналары**

Газ турбиналары үшін отын табиғи немесе ілеспе газ болып табылады. Технологиялық газдармен жұмыс істейтін газ турбиналары, әдетте, газдардың төмен калориялылығына, уақыт өте келе газдардың калориялық мәні өзгерген кезде газ турбиналарының тиімді жұмыс істеу қабілетінің шектеулі болуына байланысты пайдаланылмайды.

Газ турбиналарында тікелей жағу үшін тек тазартылған газдар қолданылады. Сонымен қатар, егер құбырдағы қысым газ турбинының кіреберісіндегі қажетті қысымнан асып кетсе, табиғи газды декомпрессиялау қажет. Декомпрессияланған газды адиабатикалық салқындатуды газ турбинының компрессорына кіретін ауаны салқындату үшін пайдалануға болады. Басқа көздерден төмен қысым кезінде келіп түсетін отын газдары нақты газ турбинының жағу камерасының кіреберісіндегі қысымның қажетті шамасына жеткенге дейін компрессиядан өтуі тиіс.

Газ турбины ЖЭС-те жұмыс денесі жоғары температуралы қысыммен жанатын өнімдер болып табылады. Оларды алу үшін газтурбиналық қондырғыларда (ГТҚ) табиғи газ жағу камераларында жағылады, онда компрессордан ауа да беріледі (3.3-бөлім). Әрі қарай, жұмыс денесі газ турбинына түседі, онда оның энергиясы ауа компрессоры мен электр генераторын жүргізу үшін қолданылатын ГТҚ роторының кинетикалық энергиясына айналады. Қазіргі заманғы энергетикалық ГТҚ-ның орташа электрлік ПӘК 36-39,5 %-ға жетеді. Жоғары қуатты газ турбиналары негізінен электр энергиясын өндіру үшін қолданылады. Олар көбінесе компрессор, газ турбины және энергетикалық турбина бір білікте болатындай етіп бір білік механизмі түрінде жасалады. Іске қосу кезінде, әдетте, дизельді қозғалтқыш немесе электр қозғалтқышы турбиналық роторды өздігінен жүретін жылдамдыққа дейін үдетеді.

ГТҚ-дан шығатын газдардың температурасы өте жоғары. Сондықтан оларды арнайы газ-су жылу алмастырғыштарынан (жылытқыштарда) алынған ыстық су немесе бу түрінде сыртқы тұтынушыға жылу энергиясын беру үшін пайдалануға болады. Мұндай электр станциялары ГТҚ-ЖЭО деп аталады. ГТҚ шығаратын газдардың жылуын кәдеге жарату қазандықтарында бу шығару және бу турбиналарында электр энергиясын өндіру үшін пайдалануға болады. ГТҚ циклы мен БТҚ циклінің комбинациясы жоғары үнемділік пен тиімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін

аралас бу-газ циклын (БГҚ) құрайды. БГҚ-ЖЭО тиімділігі одан да жоғары, оларда қосымша жылу энергиясын өндіру есебінен отын жылуын пайдалану коэффициенті 84-85 %-ға жетеді.

### 5.3.2. Қондырғының тиімділігі

Қазіргі заманғы энергетикалық қондырғының тиімділік ПӘК будың қосарланған аралық қызып кетуін қолданғанда және құрғақ будың қысымын 29 МПа-ға дейін, ал температураны 580 ыС-қа дейін арттырғанда (БСША блоктары) 48-49 % құрауы мүмкін. Мұндай электр станциясында жылу мен электр энергиясын аралас өндіру кезінде отын пайдалану коэффициенті 90 %-дан асуы мүмкін.

БСША-дағы энергия блогы құнының өсуі шетелдік деректер бойынша қазіргі заманғы қазандықтармен салыстырғанда, перлит класындағы болаттан аустенит класындағы болатқа ішінара ауысу арқылы будың критикалық параметрлеріне есептегенде шамамен 7 %-ды құрайды [9].

Алайда, БСША блоктарын құру тек қатты отынмен ғана орынды, өйткені қазіргі уақытта Қазақстанда мазутты жағу оның қымбаттығына байланысты шектелген, ал табиғи газды жағудың тиімділігі басқа әдістермен, мысалы, бу-газ қондырғысының (БГҚ) схемасын қолдана отырып, артуы мүмкін.

Қазіргі заманғы энергетикалық ГТҚ электрлік ПӘК 36-39,5 %, ал ең үлкен  $h$  сыныбы (9ha.01, 9HA.02, SGT5-8000H, SGT5-9000HL, M701J) 41-44 %, бұл экономикалық жағынан БСША блоктарынан төмен. Бірақ бу-газ конденсациялық ЖЭС-те сатылатын ГТҚ және БТҚ комбинациясы электрлік ПӘК-і 58 %-ға дейін және одан жоғары үнемділік пен тиімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Жабдық операторлары мен жеткізушілері, мысалы, процесті оңтайландыру және газ турбинасына кірудің жоғары температурасын мүмкін ететін жаңа материалдар мен салқындату технологияларын қолдану арқылы үнемі жану қондырғыларының энергияны пайдалану ПӘК арттыруға тырысады. Аралас циклде қазандықтағы қысымның көбірек сатыларын қолдану және кірістегі рұқсат етілген бу температурасының жоғарылауы (бұл жоғары температуралы материалдар мен тиімді салқындату жүйелерінің дамуы арқасында мүмкін болды) бу циклінің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

5.25-кестеде негізгі жүктеме кезінде электр энергиясын өндіруге арналған газбен жұмыс істейтін энергия блоктарының энергиясын пайдалану ПӘК деректері келтірілген. Ұсынылған энергияны пайдалану ПӘК мәндері соңғы 10 жылда белгіленген ISO стандартының талаптарына сәйкес толық жүктеме кезіндегі газ турбиналарына және тура ағынды салқындатқышы бар бу турбиналарының конденсаторларына жатады.

5.25-кесте. Табиғи газбен жұмыс істейтін отын жағатын қондырғылардың типтік ISO ПӘК шолу

P/c №	Қондырғы түрі	Блоктың ең жоғарғы электр қуаты (МВт)	ISO жағдайында энергияны пайдалану ПӘК, %
1	2	3	4
1	БСША газ қазандықтары бар энергетикалық блоктар	800	38–43
2	Қарапайым циклді газ турбиналы қондырғы	340	30–41
3	Кәдеге жаратушы қазандықтармен аралас цикл (HRSG)	500	46–60
4	Бу қазандығына газдарды шығаратын қондырма циклі	Деректер жоқ	50

Басқа жұмыс жағдайлары үшін мәндер төмен болуы мүмкін, өйткені тиімділік қоршаған орта жағдайларына және салқындату жүйесінің түріне, сондай-ақ жұмыс режиміне байланысты болады. 5.26-кестеде Еуропада газбен жұмыс істейтін қолданыстағы энергия блоктарының отынды пайдалану коэффициенттерінің нетто және нетто электрлік пәк мысалдары келтірілген (2010 ж. деректер).

5.26-кесте. Табиғи газды жағатын еуропалық қондырғылардың энергияны пайдаланудың (жылына орта есеппен) пайдалану ПӘК үлгілері

P/c №	Қондырғы типі	Отын жағу қондырғысының номиналды жылу қуаты МВт	Пайдалануға берілген жылы	Пайдалану электр ПӘК нетто, %	Отынды пайдаланудың жалпы пайдалану коэффициенті, нетто %
1	2	3	4	5	6
1	Электр энергиясын өндіруге арналған газ қазандығы бар қондырғы (КЭС)	180–800	1959–1992	16–34	16–34
2	Электр энергиясын және жылуды өндіруге арналған газ қазандығы бар қондырғы (ЖЭО)	36–427	1970–2001	0–38	26–95
3	Қарапайым циклді ГТҚ	140–430	1987–2008	20–39,5	20–39,5
4	Электр энергиясын өндіруге арналған БГҚ аралас циклді ГТҚ	235–2030	1992–2011	33,2–57,8	33,2–57,8
5	Аралас циклді ЖЭО БГҚ (50-600 МВт)	57–500	1992–2009	22,8–46	44–94,5
6	Аралас циклді ГТҚ - ЖЭО (>600 МВт)	670–991	1998–2011	22,8–46	44–94,5

БГҚ блогының ПӘК базалық режимде жұмыс істеген кезде газ турбинасының ПӘК-ін арттыру есебінен ұлғайтылуы мүмкін. Газ турбинасының жаңа конструкцияларында жалпы өнімділікті және аралас циклдің тиімділігін оңтайландыру үшін шығудағы газ параметрлерін оңтайландыруға болады. ГТҚ тиімділігінің едәуір артуымен және кәдеге жаратушы қазандыққа кіретін газдардың температурасының

төмендеуімен БГҚ тиімділігін төмендетуге болады. Егер шығатын газдардың температурасы жеткілікті дәрежеде жоғары болса, будың қайталама қызып кету жүйесі экономикалық жағынан тартымды болуы мүмкін.

Газ турбиналарының ПӘК жақсарту үшін процестің әртүрлі модификацияларын қолдануға болады. Мысалы, ПӘК-ті компрессор шығаратын ауаға шығарылған газдардың жылуын беру арқылы қалпына келтіру арқылы арттыруға болады, бұл отын шығынын азайтады, дегенмен бұл қуаттың төмендеуіне әкелуі мүмкін. Электр энергиясы мен жылуды аралас өндіру кезінде, жағу процесінде бөлінетін энергия электр энергиясын, сол сияқты пайдалы жылуды өндіру үшін де қолданылады. Электр энергиясы мен жылудың аралас өндірісі іс жүзінде қондырғының электрлік ПӘК төмендетеді, бірақ отынның жалпы пайдаланылуының артуы, егер аралас өндірістің жылу энергиясына қажеттілігі тұрақты болса және жобада белгіленген деңгейде болса, бұл төмендеуді өтей алады. Кәдеге жаратушы қазандықтармен (HRSG) жабдықталған аралас циклді қондырғылар үшін коррозия/эрозия проблемаларын болғызбау үшін жоғары сапалы отын түрлері пайдаланылады.

Кейбір әсерлер қысу және кеңейту тиімділігінің төмендеуі, қысымның жоғалуы, толық емес жану және т.б. сияқты нақты жұмыс циклінде электрлік ПӘК төмендетуі мүмкін.

Өнеркәсіптік объектілерде электр энергиясын өндіруден бастап аралас жылу және электр энергиясын өндіруге дейін әртүрлі мақсаттарға арналған еуропалық пайдаланылу ПӘК талдау бұл орташа жылдық тиімділік мәндері әртүрлі жұмыс режимдері мен жүктеме коэффициентіне, әртүрлі салқындату жүйелеріне, әр түрлі пайдалану мерзіміне немесе климаттық жағдайларға (температура, ылғалдылық) байланысты кең диапазонда өзгеретінін көрсетті.

Теориялық тұрғыдан алғанда, кәдеге жаратқыш қазандықтарда отынды толық жағатын БГҚ үнемді емес, бірақ пайдалану жағдайында отынды толық жағатын CCGT мен бұл жабдықсыз қондырғыдағы электрлік ПӘК мәндерінде түбегейлі айырмашылық жоқ. Сонымен қатар, жеке қондырғы деңгейінде отынды жағуды қолдану энергияны пайдалану тиімділігін арттыруы мүмкін. Бұл мән пайдаланылатын кәдеге жаратқыш HRSG қазанының конструкциясына және отынды толық жағу жүйесінің орналастырылуына байланысты болады. Атап айтқанда, энергияны пайдалану тиімділігі бу температурасы мен қысымының жоғарылауымен ғана емес, бу мөлшерінің жоғарылауымен де артуы мүмкін.

### **5.3.3. Ластағыш заттар шығарындыларының сипаттамасы**

Табиғи газды жағу шығарындылары негізінен  $\text{NO}_x$  және  $\text{CO}$  болып табылады,  $\text{SO}_x$  аз мөлшерде және шамалы мөлшерде шаң болуы мүмкін. Табиғи газды жағу кезіндегі  $\text{CO}_2$  шығарындылары басқа қазба отындарға қарағанда айтарлықтай төмен. Табиғи

газды жағатын жағу қондырғыларынан шаң немесе қатты бөлшектердің шығарындылары қалыпты жұмыс кезінде және бақыланатын жағу жағдайында қоршаған ортаға шығарылмайды.

Табиғи газдағы  $H_2 S$  түріндегі отын күкірті өндіріс орнында жойылады. Осылайша, табиғи газды жағатын жану қондырғыларынан  $SO_x$  шығарындылары қалыпты жұмыс кезінде және бақыланатын жағу жағдайында қоршаған ортаға шығарылмайды. Алайда,  $SO_2$ -нің аздаған мөлшердегі шығарындылары  $SO_3$ -ке дейін тотығуы мүмкін, бұл қазандықтың артқы беттерін ластандырады және коррозия туғызады.

Деректерді талдау көрсеткендей, қазандық қондырғыларында газды жағу негізінен шығарындыларда көміртегі оксиді болмаса жүзеге асырылады. Көміртегі оксиді шығарындыларының ең жоғары мәні 50 - 100 мг/м<sup>3</sup> аспайды. Газды жағудан мазуттың резервтік отынын жағуға көшу кезеңінде көміртегі оксидінің шығарындылары 200-250 мг/нм<sup>3</sup> деңгейіне дейін қысқа мерзімді артады (5.27-кесте).

Осылайша, газды жағу кезіндегі ең маңызды шығарындылар азот оксидтері болып табылады. Қазақстандағы орнатылған газ қазандықтарында ауаның 1,4 артық коэффициентіне келтірілген азот оксидінің нақты концентрациясы 395 мг/нм<sup>3</sup>-тен аспайды (5.27-кесте).

5.27-кесте. Газды жағатын қазандық қондырғыларындағы азот оксидтері мен көміртегі оксидінің нақты шығарындылары

P/c №	Отын жағу қондырғысының жалпы есептік жылу қуаты, МВт	$NO_x$	CO
		мг/нм <sup>3</sup> кезінде $e=1,4$	мг/нм <sup>3</sup> кезінде $e=1,4$
1	2	3	4
1	100–300	195-395 (300)	40-70 (50)
2	300–1000	245-360 (300)	17-214 (100)

Барлық газ-мазут қазандықтарының 50 % қазандық қондырғысын қайта жаңартуды талап етпейтін режимдік іс-шаралар енгізілді: жеңілдетілген сатылы жағу, стехиометриялық емес жағу және CO концентрациясының рұқсат етілген шарттары бойынша рұқсат етілген ауаның ең аз артық мөлшерімен жұмыс істеу. Қазандық қондырғыларының бір бөлігінде  $NO_x$  шығарындыларын азайту үшін түтін газдарын қайта өңдеу қолданылады.

5.28-кестеде 2010 жылы Еуропалық табиғи газ қазандықтарынан шығарылатын ластағыш заттар шығарындыларының әртүрлі деңгейлері туралы деректер салыстыру үшін келтірілген.

5.28-кесте. 2019 жылғы табиғи газ жағатын қазандықтардан атмосфераға шығатын шығарындылардың мысалы.

--	--	--	--

Р/с №	Жағу технологиясы	Номиналды жылу қуаты бар жағу қондырғысы (МВт)	Атмосфераға шығарындылар (мг/нМ <sup>3</sup> - 3 % O <sub>2</sub> кезінде орташа сағаттық мәндерден орташа жылдық мәндер)		
			NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>
1	2	3	4	5	6
1	Газ жағатын қазандықтар	50 - 800	60–215	0,2–375	0,14–5,1

Қазіргі заманғы газ қазандықтары мен газды жағу құрылғылары NO<sub>x</sub> төмен деңгейде жағуға арнап жобаланады. Бұл негізінен термиялық NO<sub>x</sub> азайтатын үш тәсілмен жүзеге асырылады:

NO<sub>x</sub> деңгейі төмен жанарғыларды қолдану. NO<sub>x</sub> шығарындыларының төмен деңгейде болуы шарттары - бастапқы жағу аймағындағы температураның төмен болуы және толық жағу үшін түтін газдарының қазандық пешінде ұзақ уақыт болуы. Бұл жалынның температурасын төмендетеді;

түтін газдарының қайта айналымы. Бұл жалынның температурасын да, оттегінің концентрациясын да төмендетеді;

екі сатылы жағу; Бұл жағу кезінде ауадағы оттегі мен азот арасындағы реакцияны азайтады. NO<sub>x</sub> шығарындыларының едәуір төмендеуіне жеке жанарғының айналасында үш кезеңмен ауа беру және сол ауа ағындарын дәл мөлшерлеу арқылы жеке жанарғының үстіне ауа беру арқылы қол жеткізуге болады.

Оған қоса, егер қазандықтың конструкциясы негізгі технологияларға NO<sub>x</sub> шығарындыларын өз бетінше төмендетуге мүмкіндік бермесе немесе шығарындылардың өте қатаң деңгейіне сәйкес келуі қажет болса, СКЕҚ немесе СКҚ сияқты DeNO<sub>x</sub> өндірістік циклының соңында технологиялық тазарту қолданылуы мүмкін.

ГТҚ және БГҚ пайдаланылған газдарындағы азот оксидтерінің құрамы газ тәрізді отында 50-100 мг/м<sup>3</sup> аспайды. Сондықтан ГТҚ және БГҚ үшін атмосфераға азот оксидтерінің үлестік шығарындыларының технологиялық көрсеткішін 50 мг/м<sup>3</sup>-ке тең етіп белгілеу ұсынылады. Азот оксидтерінің мәні 0 iC, 101,3 кПа және оттегі концентрациясы 15 % (NO<sub>2</sub>-ге қайта есептегенде) құрғатылған сынамада анықталады.

NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту үшін үш негізгі әдіс қолданылады. NO<sub>x</sub> шығарындылары өте жоғары қолданыстағы қондырғылар үшін жағу аймағына су немесе бу енгізу бұрыннан бері қолданылатын әдіс болып табылады, кейде NO<sub>x</sub> шығарындыларымен басқа да күресу әдістерімен үйлесімде қолданылады. Қазіргі уақытта табиғи газды жағатын жаңа немесе жетілдірілген газ турбиналары үшін ең көп

қолданылатын шешім -  $\text{NO}_x$  құрғақ басу технологиясы бар жанарғыларды орнату, бұл негізінен бу немесе су кірісін пайдалану шектеулеріне байланысты.  $\text{NO}_x$  (DLN) құрғақ басу технологиясы бар жанарғылар газ турбиналарының барлық түрлеріне қолданылады және бүгінде ең көп таралған әдіс.

Қазіргі уақытта көптеген газ турбиналары  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайтудың бастапқы әдістерін ғана қолданады, алайда Австрия, Жапония, Италия, Нидерланды және АҚШ-тағы (әсіресе Калифорнияда) кейбір газ турбиналық қондырғыларында SCR жүйелері орнатылды. Бүкіл әлем бойынша бірнеше жүздеген газ турбиналары SCR жүйелерімен жабдықталған. Еуропада СКҚ негізінен үлкен газ турбиналарында қолданылады, бірақ әзірше газды турбиналарға қолданылмайды. Каталитикалық тазарту қондырғылары қосымша кеңістікті қажет етеді, бұл әрдайым қол жетімді болмауы мүмкін.

Газды жағу қондырғыларында  $\text{NO}_x$  шығарындыларының пайда болуы негізінен термиялық  $\text{NO}_x$  түзілуіне байланысты.  $\text{NO}_x$  шығарындыларына келесі факторлар әсер етеді:

жанармай құрамы: жанармайдағы сутегі мөлшері артқан сайын  $\text{NO}_x$  шығарындылары артады. Табиғи газдағы алкандардың көп мөлшері  $\text{NO}_x$  шығарындыларының көбеюіне әкеледі. Инертті газдардың жоғары мөлшері  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайтады;

жалын температурасы: отын мен ауа стехиометриялық қатынаста жанған кезде жалынның максималды температурасына қол жеткізіледі, бұл  $\text{NO}_x$  ең жоғары шығарындыларына әкеледі;

отын-ауа қоспасының жағу аймағында болу уақыты: жанарғының санын көбейту (көпмодульді және микрофакельді жану) және отын мен ауаның тұрақты шығыны есебінен жағу аймағында болу уақытын азайтуға болады.  $\text{NO}_x$  түзілуін төмендетудің бұл әдісі газ турбиналарын жасау сатысында қолданылады;

атмосфералық жағдайлар: жағу үшін ауаның ылғалдылығын арттыру  $\text{NO}_x$  түзілуін азайтуға көмектеседі. Бұл әсер температураның төмендеуін, газ турбинасының жағу камерасына бу немесе судың осыған ұқсас бүркілуін туғызады;

жүктемені өзгерту: энергияға сұраныстың өзгеруіне сәйкес отын жағатын қондырғының жүктемесін азайту жағу аймағының жылу кернеулігінің төмендеуі және жалын температурасының төмендеуі себебінен  $\text{NO}_x$  шығарындыларының деңгейіне әсер етуі мүмкін.

Табиғи газды жағатын қондырғылар үшін шаң мен  $\text{SO}_2$  шығарындылары өте төмен: әдетте олар шаң үшін  $5 \text{ мг/нм}^3$ -тен аз және  $\text{SO}_2$  ( $15\% \text{ O}_2$ ) үшін  $10 \text{ мг/нм}^3$ -тен төмен,



бүкіл қондырғы деңгейінде ешқандай әдіс қолданылмайды. Осылайша, табиғи газды жағатын қондырғылар үшін, әдетте,  $SO_x$  пен шаңды үздіксіз бақылау жүргізілмейді.

$NO_x$  шығарындыларының деңгейі газ турбиналарына байланысты болады және энергия пайдалану ПӘК арттыруға әрекеттенген кезде шығарындылар көбейіп кетуі мүмкін, мұның өзі газ турбинысындағы жағу температурасын арттырады. Температураның жоғарылауымен  $NO_x$  шығарындыларының деңгейі электр энергиясын өндіру ПӘК-ке қарағанда тезірек жоғарылайды. 1450 °C-тан жоғары жағу температурасында  $NO_x$  түзілуі температураның жоғарылауымен экспоненциалды түрде артады. Температура мен қысымның  $NO$  түзілуіне ( $NO_x$  шығарындыларындағы негізгі қосылыс) әсері жану температурасы жоғары болған кезде, жану температурасын 50 °C арттыру  $NO$  шығарындыларын екі есеге жуық арттыратынын көрсетеді. Сондықтан ПӘК-ті арттыру мақсатындағы техникалық әзірлемелер, сондай-ақ  $NO_x$  мг/нм<sup>3</sup> шығарындыларының неғұрлым жоғары деңгейін болжауы мүмкін.

Құрамында  $NO_x$  төмен құрғақ жанарғысы бар аралас циклді қазіргі заманғы қондырғылар осындай ымыралы шешімдерді таңдау міндетін шеше алды және соңғы процестің  $NO_x$  қалпына келтіру әдісін пайдаланбай, бұл ретте пайдаланушылық электрлік жоғары ПӘК сақтай отырып,  $NO_x$  шығарындыларының 15-35 мг/нм<sup>3</sup> деңгейіне қол жеткізді. Ашық циклді қондырғылар жағдайында тиісті электрлік ПӘК шамамен 39 % құрайды. Еуропада 2007 жылдан бастап 2010 жылға дейінгі аралықта (жүктеу 1600-8000 с/жыл) пайдалануға берілген, толық жүктеудің эквивалентті коэффициенті 74 % жоғары және пайдаланушылық электрлік ПӘК 55 % жоғары болатын аралас қондырғылар бойынша деректер  $NO_x$  орташа жылдық мәні (концентрациясы) мен пайдаланушылық электрлік ПӘК қатынасы электрлік қуаттылықтың МВт бірлігіне 0,25-тен 0,6 мг/нм<sup>3</sup> дейін ауытқитынын көрсетті. Ескі қондырғылардан шығарылатын  $NO_x$  шығарындылары 50 мг/нм<sup>3</sup>-тен 75 мг/нм<sup>3</sup>-ке дейін немесе одан да жоғары болуы мүмкін (1990 жылға дейін пайдалануға берілген өте ескі газ турбиналары 350 мг/нм<sup>3</sup> деңгейіне жетуі мүмкін).

SCR технологиясымен жабдықталған газ турбиналарында кәдеге жаратушы қазандықтар бойынша елеулі техникалық проблемалар табылмағандықтан, SCR-ді газбен жұмыс істейтін қондырғыларда  $NO_x$  шығарындыларын азайтудың дәлелденген технологиясы деп санауға болады. SCR-дің кемшіліктері қысымның жоғалуын және соның салдарынан тиімділіктің жоғалуын ( $CO_2$ -нің жоғарылауы), сондай-ақ аммиактың ықтимал шығарындыларын қамтиды және ластанудың алдын-алуға интеграцияланған тәсіл аясында ескерілуі керек. Ақпаратқа сәйкес 20 мг/нм<sup>3</sup> және одан аз мөлшердегі [

132] NO<sub>x</sub> шығарындыларына Калифорниядағы объектіде SCR көмегімен қол жеткізілді. Жапония мен Еуропада ірі газ турбиналары (>100 МВт) үшін 10-50 мг/нм<sup>3</sup> (15 % O<sub>2</sub>) деңгейіне әдетте табиғи газды жағу арқылы, негізінен NO<sub>x</sub> деңгейі төмен тек құрғақ өртеу жүйелерін қолдану арқылы қол жеткізіледі. Кейбір жағдайларда SCR енгізілген Австрияда, Нидерландыда немесе Италияда 14 мг/нм<sup>3</sup>-тен 23 мг/нм<sup>3</sup>-ке дейінгі диапазонда NO<sub>x</sub> орташа жылдық концентрациясына қол жеткізілді.

5.29-кестеде 2010 жылы табиғи газбен жұмыс істейтін еуропалық турбиналардан шығарылатын ластағыш заттар шығарындыларының әртүрлі деңгейлерінің мысалы келтірілген.

5.29-кесте. 2018 жылы табиғи газбен жұмыс істейтін турбиналардан атмосфераға шығарылған шығарындылардың мысалы

P/c №	Жағу технологиясы	Номиналды жылу қуаты бар жағу қондырғысы, МВт	Атмосфераға шығарындылар (мг/нм <sup>3</sup> - 15 % O <sub>2</sub> кезінде орташа сағаттық мәндерден орташа жылдық мәндер)			
			NO <sub>x</sub>	шаң	CO	SO <sub>x</sub>

1	2	3	4	5	6	7
1	Отынның бір түрімен жұмыс істейтін ашық циклді газ турбинасы	13–690	6–335	0,1–2	2,4–225	0,04–3
2	Отынның екі түрімен жұмыс істейтін ашық циклді газ турбинасы	150–300	40–180	Деректер жоқ	6–80	Деректер жоқ
3	Отынның бір түрімен жұмыс істейтін аралас циклді газ турбинасы	18–770	10,5–305	0,007–7,7	0,15–80	0,05–2,9
4	Отынның екі түрімен жұмыс істейтін аралас циклді газ турбинасы	207–1815	9–82	0,06–1,2	0,4–52	0,2–7,8

#### 5.3.4. Ең үздік қолжетімді әдістер. Ықтимал әдістер

Термиялық және жылдам азот оксидтері газ тәрізді отынды ауа азотынан жағу кезінде пайда болады, оларды технологиялық - бастапқы басу әдістері (БӘ) есебінен тиімді төмендетуге болады. Газды жағу кезінде азот оксидтерінің түзілуіне әсер ететін факторлар: алау ядросының температурасы (оның ішінде ыстық ауа температурасы), реактивті заттардың концентрациясы, реактивті заттардың азот оксидтерінің түзілу аймағында болу уақыты. Газды жағу кезінде азот оксидтерінің 80 %-дан астамы жанарғы алауының ұзындығының 1/3 бөлігін құрайды.

Бірінші кезекте газ қазандықтарында қазанды техникалық қайта жарақтандыруды және реконструкцияны қажет етпейтін  $NO_x$  және  $CO$  шығарындыларын азайтудың тікелей әдістері қолданылуы тиіс (5.30-кесте).

5.30-кесте. Қазандықты техникалық қайта жарақтандыруды және реконструкцияны талап етпейтін атмосфераға  $NO_x$  және  $CO$  шығарындыларын азайту техникасы

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы
1	2	3
1	Жеңілдетілген екі сатылы жағу	Бұл әдіс отын жүктемесін басқа жанарғыларға қайта бөле отырып, тек ауаны беру үшін бір немесе бірнеше жанарғыларды (жақсырақ жанарғылардың жоғарғы деңгейінде) қолдануға негізделген. Жұмыс істеп тұрған жанарғылардың қуат резерві қажет
2	Су/бу қосу	Су немесе бу қазандағы, газ турбиналарындағы жану температурасын және жылу $NO_x$ төмендету үшін сұйылтқыш ретінде пайдаланылады. Ол отынмен алдын-ала араластырылады (отын эмульсиясы, ылғалдандыру немесе қанықтыру) немесе жағу камерасына немесе қазандықтың оттығына (су/бу енгізу) тікелей енгізіледі.
3	Артық ауаның аз болуы	Әдіс негізінен мынадай белгілерге негізделеді: оттыққа ауа соруды барынша азайту; жағу және $CO$ ұстау үшін пайдаланылатын ауаның берілуін мұқият бақылау (бақыланатын толық жанбау қолданады)
4	Стехиометриялық емес жағу	Бұл әдіс қыздырғыш құрылғылардағы немесе жанарғылардың кабаттарындағы ауа-отын қатынасының теңгерімсіздігіне негізделген. Отынның химиялық толық жанбауының күрт өсуіне жол бермеу және оттықтың жылу жай-күйінің өзгеруіне талдау жасау мақсатында баптау сынақтарын жүргізу қажет
5	Жағылатын ауаның температурасының төмендеуі	Температурасы төмендетілген ауаны пайдалану

Азот оксидтерінің шығарындыларын азайтудың келесі қадамы, қажет болған жағдайда, қазандықты қайта құруды қажет ететін түтін газын қайта өңдеуді, отынды және аз уытты жанарғыларды қолдану болуы керек. Газ тәрізді отынды жағу кезінде  $NO_x$  шығарындыларын азайту технологиялары 5.31-кестеде келтірілген.

5.31-кесте. ЕҚТ ретінде қарастырылатын газ тәрізді отынды жағу кезінде  $NO_x$  шығарындыларын азайту техникасы

Р/с №	Техникасы	Шығарындыларды ықтимал азайту, %	Қолданылуы	Пайдалану тәжірибесі	Тоғыспалы әсерлер, қолдануды шектеу	Ескертпелер
1	2	3	4	5	6	7
1	Артық ауаның бақыланатын төмендеуі	15-20	Қазандықтың артындағы түтін газдарындағы $CO$ құрамын бақылау болған кезде	Иә	Шығатын түтін газдарында рұқсат етілгеннен жоғары деңгейде $CO$ пайда болуы	Қазандықты реконструкциялауды талап етпейді
			Бірнеше жанарғылар (әр түрлі деңгейлердегі кемінде			

2	Стехиометриялық емес жағу	30-45	екі жанарғы) және СО бақылауы болған кезде	Иә	Артық ауаның жоғарылауы	Қазандықты реконструкциялауды талап етпейді
3	Жеңілдетілген екі сатылы жағу	20-35	Жанарғылардың екі немесе одан да көп деңгейі болған кезде	Иә	Артық ауаның жоғарылауы. Пештің шыға берісіндегі температураның жоғарылауы	Қазандықты реконструкциялау қажет емес, ауа өшірілген жанарға арқылы беріледі
4	Екі сатылы жағу;	30-50	Барлық қазандықтарда	Иә	Артық ауаның жоғарылауы. Пештің шыға берісіндегі температураның жоғарылауы	Екінші ауа шүмектерін орнату талап етіледі
5	Аз уытты қыздырғыш	30-60	Барлық қазандықтарда	Иә	Жүктемені реттеу диапазонының ықтимал төмендеуі	Жанарғыларды ауыстыру талап етіледі
6	Түтін газының қайта айналымы	60	-	Иә	Қызып кету температурасының жоғарылауы ПӘК төмендеуі	Реконструкция талап етіледі
7	Қайта аналымды, екі сатылы және стехиометриялық емес жағуды біріктіруден тұратын кешенді әдіс	>60	Екі немесе одан да көп деңгейлер болған кезде	Иә	Қызып кету температурасының жоғарылауы ПӘК төмендеуі	Реконструкция талап етіледі

Термиялық азот оксидтерін басатын «алауішілік» төмен эмиссиялық жанарғылар ПМ-ға жатады және қазандықтың газ-ауа жолдарының элементі болып табылады. Төмен уытты құйындық жанарғылардың конструкцияларының барлық алуан түрлілігімен олар  $NO_x$  шығарындыларын «жабық» азайту тұжырымдамасын жүзеге асырады және іс жүзінде бірдей әдістер қолданылады:

реактивті аймақта төмен немесе жоғары артық ауа;

ауаның сатылы берілуі;

отын беру сатылығы;

азот оксидінің түзілу аймағында алаудың температурасының төмендеуі;

реактивті заттардың концентрациясының төмендеуі;

азот оксидтерін қалыптастыру аймағында реактивті заттардың болу уақытын азайту.

Қазіргі уақытта әлемде газ тәрізді отынды жағу үшін жанарғылар бар, олар басқа технологиялық іс-шаралармен бірге (5.32-кесте) 6 %  $O_2$  кезінде  $2 \text{ мг/м}^3$  аз азот оксидтерінің шығарындыларын қамтамасыз етеді (5-ші буын жанарғылары). Энергетикалық қазандықтарда қолдануға болатын үшінші буын оттықтары басқа технологиялық іс-шаралармен бірге 6 %  $O_2$  кезінде  $30 \text{ мг/м}^3$  аз азот оксидтерінің шығарындыларын қамтамасыз етеді.

Жоғарыда тізбеленгендерге сүйене отырып, (азот оксидтерін басудың қалған бастапқы әдістерін қолданбай) өз базалық жұмыс режимінде суық ауа кезінде  $100 \text{ мг/м}^3$  аз және ыстық ауаның температурасы  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  жоғары болған кезде  $150 \text{ мг/м}^3$  аз азот оксиді шығарындыларының концентрациясын қамтамасыз ете алатын қондырғыларды төмен эмиссиялық жанарғы құрылғысы деп санау ұсынылады. 5.3.8-кестеде көрсетілген қосымша бастапқы әдістерді қолдану азот оксиді шығарындыларының  $6\% \text{ O}_2$  кезінде  $80 \text{ мг/м}^3$  дейін төмендеуін қамтамасыз ете алады.

Ірі газ ЖЭС-ін технологиялық дамытудың басымдықтарына тиімділігі жоғары БГҚ-ны пайдалану, құрылатын жабдықты барынша біріздендіру, тиімділігі жоғары конденсациялық және жылуландыру бу турбиналарын қолдана отырып, қазіргі заманғы қуатты газ турбиналары мен кәдеге жаратушы қазандықтар базасында үлгілік жобалық шешімдерді қолдану жатады.

Бұл ретте, көптеген ондаған жылдар бойы байқалған органикалық отынмен жоғары қуатты электр генерациясының турбиналық технологияларын жетілдіру тренді физикалық және технологиялық шектеулерге байланысты өзінің логикалық тұжырымына жақындағанын атап өткен жөн. Әлемдегі жетекші энергиялық машина жасайтын компаниялар «тиімділігі шектеулі» жылу энергетикалық қондырғыларды - ПӘК  $41-44\%$  аса қуатты газ турбиналарына ( $300-500 \text{ МВт}$  және одан көп) салынатын ПӘК  $60-62\%$  электрлік қуаттылығы  $600-1200 \text{ МВт}$  табиғи газбен жұмыс істейтін БГҚ әзірлеп, нарықта белсенді түрде ілгерілетіп отыр. Аралық ауаны салқындату және изотермиялық жылу беруді қоса алғанда, күрделі циклі бар ГТҚ белсенді дамуда. Оларды тиімділігі жоғары бу турбиналық қондырғылармен құрамдастыру қуатты БГҚ-да ПӘК шектік мәніне -  $65-66\%$  жетеді деп жобаланып отыр.

Газ турбиналарының қуаттылық диапазоны кең -  $100 \text{ кВт}$ -қа жуық шағын турбиналардан бастап қуаты  $500 \text{ МВт}$ -тан асатын ірі турбинаға дейін. Газ турбиналары әртүрлі газ тәрізді және сұйық отындар түрлерімен жұмыс істей алады. Табиғи газ газ турбиналары үшін қарапайым газ тәрізді отын болып табылады, алайда көмірді газдандыру қондырғыларынан генераторлық газ, домна газы және биомассаны газдандыру қондырғыларынан алынған газ сияқты төмен немесе орташа калориялық газдар да қолданылады. Қуатты газ турбиналары мұнайдан мазутқа дейін әртүрлі сұйық отынды жаға алады. Шикі мұнай және мазут сияқты күл түзетін отын түрлерімен жұмыс істеу отынды дайындаудың кешенді жүйелерінің болуын талап етеді.

Газ турбиналары әртүрлі типтегі қондырғыларда, мысалы, аралас циклді БГҚ, ЖЭО ГТҚ және цикл ішіндегі газдандырумен аралас циклді БГҚ қондырғыларында қолданылады. Авиациялық қозғалтқыш базасындағы газ турбиналарының қуаты  $50 \text{ МВт}$ -қа дейін, ПӘК  $42-44\%$ -ға дейін болуы мүмкін. Шығу қуаты  $200 \text{ МВт}$ -тан асатын қуатты газ турбиналарының (5.43-сурет) тиімділігі  $39-44\%$  дейін болуы мүмкін.



5.45-сурет. SGT5-9000HL энергия блогының қуатты газ турбинысы

Жылу мен электр энергиясын аралас өндіруге арналған қондырғыларда жаңа газ турбиналарын пайдалану жиынтық тиімділікті арттыру және шығарындыларды азайту мақсатында өсуде. Қарапайым циклді газ турбиналарының тиімділігі шамамен 30-дан 42 % -ға дейін болса, аралас цикл тиімділігі 58 % жетуі мүмкін. Сонымен қатар, жылу мен электр энергиясын аралас өндіруге арналған қондырғыларда отын жылуын пайдалану коэффициенті 85-88 % жетуі мүмкін. Бұл сандардың тек жаңа, таза газ турбиналарына толық жүктеме кезінде және ISO стандарттарына сәйкес келетін жағдайларда қолданылатынын атап көрсеткен жөн. Басқа жағдайларда мәндер әлдеқайда аз болуы мүмкін (5.31-кесте). Болашақта газ турбиналарының қарқынды дамуы ПӘК пен шығыс қуатының одан да жоғары мәндеріне жетеді деп күтілуде.

Қазіргі уақытта тапсырыс берілетін жаңа өндіруші қуаттардың жартысына жуығын бу-газ қондырғылары (БГҚ) құрайды. Осы типтегі қондырғыларда газ турбинысы бу турбинысымен бірге электр энергиясын өндіреді. Техникалық және экономикалық себептер бойынша отын түріндегі аралас циклдегі газтурбиналық қондырғыларда тек табиғи газ және дизель отыны (отынның қосалқы түрі ретінде) қолданылады.

Қазіргі заманғы бу-газ қондырғыларында газ турбиналары ПӘК шамамен 33-тен 39 %-ға дейін электр энергиясын өндіреді. Газ турбинысының шығатын газдары, әдетте, турбинаның түріне және қоршаған ортаға байланысты 490-дан 630 нС-қа дейінгі температурада болады. Бұл ыстық газ кәдеге жаратушы қазандыққа (КҚ) беріледі, онда ол бу шығару үшін қолданылады, содан кейін бу турбиналық қондырғыға түседі, оның конструкциясы негізінен бу конденсациясы қондырғысымен бірдей. БГҚ бу-газ қондырғыларының үлкен артықшылығы - жылудың үлестік шығыны төмен және инвестициялық шығындары аз болады, бұл отын ретінде пайдаланылатын табиғи газдың жоғары құнына қарамастан, БГҚ қондырғыларын бәсекеге қабілетті етеді.

Соңғы 20 жылда БГҚ қондырғыларындағы жылу шығыны 2,2-ден 1,7-ге дейін төмендеді, яғни жанудың төменгі жылуы бойынша есептелетін ПӘК 45-тен 58 %-ға дейін өсті. Газ-турбиналық өнеркәсіп қазіргі уақытта қарқынды дамып жатыр және таяудағы болашақта БГҚ қондырғыларында жылу шығынының 1,67-ден аз (пәк 60 % -дан жоғары) үлестік шамасына қол жеткізуі әбден мүмкін. Қазіргі заманғы БГҚ қондырғыларында қуаттың шамамен 2/3 бөлігі газ турбинысынан, ал қалған 1/3 бөлігі

бу турбинасынан алынады. Алайда, соңғы модельдерді іске қосу тәжірибесі ПӘК өте жоғары болжамды мәндеріне қол жеткізу үшін айтарлықтай қиындықтарды жеңуге тура келетінін көрсетеді.

Газ турбинасының жану камерасында жағуға газ турбинасының кіруіндегі ауа құрамындағы 1/3-ден аз оттегі шығындалатындықтан, газ турбинасының пайдаланылған газындағы отын толық жағылуы мүмкін. Мұның өзі қазіргі заманғы БГҚ қондырғыларында электр энергиясын өндіруде жылу шығынын аздап арттыруға әкеледі. Алайда, аралас өндіріс режимінде бұл газ турбинасының қуатына қарамастан, кәдеге жаратушы қазандықпен (КҚ) бу өндірісін басқару құралы ретінде жиі қолданылады. Когенерация режимінде толық жағу жылу өндірісінің жалпы тиімділігін жақсартады.

Табиғи газ да, дизель отыны да өте таза отын болып табылады және газ турбиналарының жану камераларында толықтай жануға мүмкіндік беретіндіктен, БГҚ қондырғыларында күл, кокс немесе  $SO_2$  қатысты проблемалар жоқ. Қазіргі заманғы қондырғыларда  $NO_x$  шығарындылары төмен арнайы жанарғылардың және кейде кәдеге жаратушы қазандықта (КҚ) қолданылатын селективті каталитикалық қалпына келтірудің (СКҚ) көмегімен шешілетін  $NO_x$  қана проблема болып табылады. Ескі жанарғыларда  $NO_x$  деңгейін жанарғыларға су немесе бу бүрку арқылы басқаруға болады, бірақ бұл қондырғыдағы жылу ағынының өсуіне байланысты болады.

Газ турбиналары өздігінен өте шулы агрегат болып табылады, сол себепті олар газ турбинасының ауа жинағышына және пайдаланылған газдың шығу каналдарына орнатылған шуды басқышы бар шу басатын корпустарға қоса орнатылуы тиіс.

Генерация саласында газ турбинасының түгін газдарындағы энергияны пайдалану мақсатында газ турбиналарын қолдана отырып, қолдануға болатын бірнеше технологиялық конфигурацияларды бөліп көрсетуге болады: толық жағусыз аралас цикл және толық жағумен аралас цикл.

Қайта жағусыз кәдеге жаратушы қазандықпен аралас циклда отын жану камерасына ғана беріледі және кәдеге жаратушы қазандықта толық жағу орындалмайды. Газ турбинасының пайдаланылған газдарындағы жылу энергиясынан қазандық шығаратын бу одан әрі бу турбинасымен электр энергиясын өндіру үшін қолданылады. Осы типтегі БГҚ ПӘК 58,5 % жетеді. Олар әдетте табиғи газбен немесе дизель отынымен жұмыс істейді, бірақ газдандыру қондырғысын қолдана отырып көмірді пайдалануға болады, оны газ турбинасының технологиялық желісі бойынша жоғары орнату қажет. Толық жағусыз аралас циклді ЖЭС технологиясының жалпы түрі (КҚ) 5.44-суретте көрсетілген.

Теңіз платформаларында (Каспий теңізі) орналасқан газ турбиналарының техникалық параметрлері бойынша жердегі аналогтарынан еш айырмашылығы жоқ. Аумақтың

шектелуіне байланысты ГТҚ орналасуы қатты желге байланысты жер бетіне қарағанда төмен түтін мұржалары бар бірнеше деңгейден (тігінен) болуы мүмкін.



5.46-сурет. Ресейде салынған жаңа бу-газ станциясы

Кәдеге жаратушы қазандығы бар аралас қондырғылар бір білікті және көп білікті болып жасалуы мүмкін. Көп білікті конструкциялар негізінен мақсаты бу жүйесіне қатысты газ турбиналарының тәуелсіз жұмысын қамтамасыз ету болып табылатын жерлерде қолданылады. Көп білікті БГҚ бір немесе бірнеше газ турбиналарымен және КҚ-мен жабдықталады, олар буды бірыңғай коллектор арқылы жеке бу турбинасына береді. Аралас циклдің көп білікті жүйелерінде пайдаланылған газды қайта шығару жүйесі тез іске қосуды және тоқтатуды қамтамасыз етеді.

Кәдеге жаратушы қазандықтар (КҚ) әдетте түтін газдарының сумен және бумен жылу алмасуы жүретін қырланған құбырлары бар конвекциялық типтегі жылу алмастырғыштар болып табылады. Пайдаланылған газдар ең жоғары ПӘК қамтамасыз ету үшін ең төменгі ықтимал температураға дейін салқындатылады. Түтін газдарының температурасының төмендеуі түтін газдарынан қышқыл (күкіртті) өнімдердің ықтимал конденсациясы әкелуі мүмкін коррозияның пайда болу қаупімен шектеледі. Түтін газының температурасы 100 ыС қалыпты шама болып саналады.

Кәдеге жаратушы қазандықтар (КҚ) көлденең формада (бу-су жолында табиғи айналыммен) және тік формада (бу-су жолында мәжбүрлі айналыммен) жасалады. Кеңістікке қойылатын талаптарға және/немесе клиенттің қалауына байланысты таңдалады. Екі түрі де кеңінен қолданылады.

#### **Қондырмалы аралас цикл**

Қондырмалы циклде газ турбинасының түтін газдарының жылуы көмір немесе газ тәрізді отынмен жұмыс істейтін бу қазандықтармен жабдықталған кәдімгі энергетикалық қондырғыда жағылатын ауа сияқты роль атқарады. Бұл циклды әдеттегі энергетикалық қондырғыға құрап енгізу үшін бірнеше мүмкіндіктер бар. Мұндай интеграция мүмкіндігі жаңа конструкциялардың қондырғыларына тән болса да,



қондырма циклі әдетте бұрын шығарылған және модернизацияланған қондырғылардың тиімділігін арттыру және/немесе когенерациялық қондырғылардың жылу қуатын арттыру үшін қолданылады. Қазіргі уақытта қуаттылығы 765 МВт-қа дейінгі (1600 МВт жылу қуаты) әртүрлі БГҚ түрлері қолданылады, олардың тиімділігі 48 % жетуі мүмкін.

Қондырмалы циклде кіретін ауаны жылыту міндеті бар ауа жылытқыштар қажет емес және оларды демонтаждау керек. Газ турбиасы, әдетте, түтін газдарының ағымының мөлшері қазандықтағы жағуға арналған ауа ағынының есептелген мәніне тең болатындай етіп таңдалады. Газ турбиасының пайдаланылған газдарындағы оттегінің аздығына байланысты (әдеттегі ауамен салыстырғанда) қазандықтарда отын шығыны азаяды. Бұл орташа температураның төмендеуіне және қазандықта будың аз өндірілуіне әкеледі. Ауаны жылыту қажеттілігінің болмауы артық жылудың пайда болуына әкеледі. Осы артық жылуды пайдалану үшін қазандыққа жоғары және төмен қысымды экономайзерлер орнатылады. Бұл экономайзерлерде (қолданыстағы қоректік су жылытқыштарымен қатар) қоректік судың бір бөлігі қыздырылады, сондықтан турбинадан алынған будың мөлшері азаяды.

Екі сатылы жағу процесін қолданыстағы қазандықта газ турбиасының түтін газдарын пайдалану арқылы да жасауға болады, бұл  $\text{NO}_x$  шығарындыларының айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Осылайша, Нидерландыда  $\text{NO}_x$  шығарындыларының 50 % қысқаруына қол жеткізілді.

Газ турбиасының электр қуаты энергия қондырғысының жалпы қуатының 20-дан 25 %-на дейін құрайды.

### **Қоректік су қыздырылатын қондырмалы цикл**

Осы жұмыс процесінің конфигурациясы жоғарыда аталған екі аралас циклдің үйлесімі болып табылады. Мұндай технологияны қолданған кезде конденсат пен қоректік судың бір бөлігі кәдеге жаратушы қазандықта қыздырылады. Газ турбиасының кәдеге жаратушы қазаны бу турбиасына/бу генераторына, бірақ бу-су жолдарымен қосылған; осыған сәйкес газ турбиасында жауғылатын ауаны пайдаланылған газға ауыстыру жүргізілмейді.

Бу турбиасынан жылуды бұру азаяды, бұл бу турбиасының электр қуатын арттыруға әкелуі мүмкін.

Қуатты арттыру бу турбиасының өткізу қабілетімен және генератордың номиналды қуатымен шектеледі. Осы схеманы қолдана отырып, ПӘК жоғарылауы газ бен бу турбиасының қуатына байланысты шамамен 2-5 % құрайды.

Икемділіктің жоғарылауы (жылу өндіруге қатысты электр қуаты) қарастырылып отырған қондырманың маңызды артықшылығы болып табылады. Бу қондырғысы газ турбиасына тәуелсіз жұмыс істей алады. Алайда икемділік бу турбиасының төмен қысымды цилиндрінен өтетін будың максималды рұқсат етілген ағынымен шектеледі.

Қоректік суды қыздыратын қондырмалы цикл қазандықтағы жану процесіне әсер етпейтіндіктен, қазандықтың шығарындылары өзгеріссіз қалады. Жалпы шығарындыларға газ турбинасының пайдаланылған газдары әсер етеді.

### **Когенерация (ЖЭО)**

Отын энергиясының тек 40-тан 60 %-на дейін (отынның ең төменгі жылу шығару қабілеті ретінде айқындалатын) тек қана электр энергиясын өндіретін энергия қондырғыларында электр энергиясына айналдыруға болады. Қалған энергия жойылады, мысалы, атмосфераға шығатын төмен температуралы жылу, су түрінде немесе осы екі түрде жойылады. Соңғы тұтынушыларға үй-жайларды және көптеген өндірістік процестерді жылыту үшін белгілі бір мөлшерде жылу қажет болғандықтан, энергетикалық қондырғылардан шығатын жылуды қалай пайдалану керек деген сұрақ туындайды.

Когенерация энергия өндірісінің жүйелік құрылымын өзгерту арқылы энергиялық ПӘК арттыру құралы болып табылады. Қалай болғанда да, когенерация қазба отынға жылу мен электр энергиясын шығарумен салыстырғанда отынды үнемдеуге мүмкіндік береді. Егер жылу жүктемесі жеткілікті дәрежеде көп болса және когенерация қондырғысы сәйкесінше жеткілікті қуатқа ие болса, онда когенерация үнемді болады. Когенерациялық қондырғыда газ турбинасын пайдалану мүмкіндігі, оның ішінде салыстырмалы түрде төмен капитал салымдарымен және жұмыс циклдерінің жоғары ПӘК түсіндіріледі.

Газ турбинасының түтін газдарының жылуы кәдеге жаратушы қазандықта бу шығару үшін қолданылады. Бу электр энергиясын өндіру үшін толығымен пайдаланылуы мүмкін, мысалы, аралас циклде немесе ішінара (кейде толығымен) тандалуы мүмкін және оны өндірістік процестер үшін немесе басқа мақсаттарда, мысалы, орталықтандырылған жылыту немесе теңіз суын тұщыландыру үшін қолдана алатын тұтынушыларға беру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Белгілі бір қондырғыға қойылатын нақты талаптарды қанағаттандыру үшін көптеген болжамды конфигурациялар бар. Жылу мен электр энергиясының жүктемесіне байланысты ең көп таралғандары:

кәдеге жаратушы қазандығы бар газ турбинасы және өндірілетін будың барлығын тұтынушыларға беру;

кәдеге жаратушы қазандығы және қысымға қарсы бу турбинасы бар газ турбинасы; тұтынушыларға өндірілетін барлық жылуды беру;

тұтынушылар үшін бу іріктейтін және/немесе басқа жылыту мақсаттары үшін таңдап алынатын буды пайдаланатын және бу конденсациясын пайдаланатын кәдеге жаратушы қазандығы бар газ турбинасы. Мұндай конструкция әдетте өндірілетін электр энергиясы мен жылу қатынасында икемділік береді;

бу қондырғының ағынды бөлігіне бу айдау циклы, онда бу түтін газдарының жылуымен де шығарылады, бірақ ішінара газ турбинасына жіберіледі. Мұндай циклдар

негізінен бу турбинасын қолданбай авиациялық қозғалтқыш негізінде жасалған газ турбиналарында қолданылады. Бұл циклдар негізінен бу аралық технологиялық жүктемесі бар когенерация режимінде қолданылады.

Когенерация нарықта бәсекелесе алуы үшін электр энергиясына жоғары баға сұранысының болуы, сондай-ақ жылу жүктемелерінің жеткілікті жоғары деңгейі айқындаушы факторлар болып табылады. Қуат пен жылу жүктемелерінің төмен болған кезде когенерациялық қондырғылар бәсекеге қабілетсіз болуы мүмкін.

### **Газ тәрізді отынды жағу кезінде $NO_x$ шығарындыларын азайту бойынша ЕҚТ**

Осылайша, ЕҚТ газ тәрізді отынды жағу кезінде  $NO_x$  шығарындыларын азайту үшін аталған технологиялық әдістердің біреуін немесе бірнешеуін қолдануды қарастырған жөн:

Режимдік-реттеу әдістері:

- 1) артық ауаны бақылаумен төмендету;
- 2) стехиометриялық емес жағу;
- 3) қазандықты реконструкцияламай екі сатылы жағу.

Қазандық конструкциясын өзгертуді талап ететін технологиялық әдістер:

- 1) қазанды реконструкциялап, екі сатылы жағу;
- 2) аз уытты жанарғы;
- 3) түтін газдарының қайта айналымы.

Газ тәрізді отынды жағу кезінде  $NO_x$  шығарындыларын азайтудың екінші әдісі ретінде азот оксидтерін селективті каталитикалық емес қалпына келтіруді (СКЕК) және азот оксидтерін селективті каталитикалық қалпына келтіруді (СКК) қарастырған жөн.

### **Іштен жану қозғалтқыштары**

Іштен жану қозғалтқыштарында немесе поршеньдік қозғалтқыштарда жанармай жағылатын бір немесе бірнеше цилиндр болады. Қозғалтқыштар отынның химиялық энергиясын біліктің механикалық айналу энергиясына айналдырады, электр энергиясын өндіру үшін генератор қозғалтқыштың айналмалы білігіне қосылады.

Электр станцияларына арналған поршеньдік қозғалтқыштар әдетте екі және төрт циклде жұмыс істеуге арналған. Бірқатар жеке қозғалтқыштар құрған ірі электр станциялары да, жылу мен электр энергиясын бір уақытта өндіруге арналған орталықтандырылмаған шағын электр станциялары (ЖЭО) бүкіл әлемде кең таралған. Жоғары тиімді орташа және төмен жылдамдықты қозғалтқыштар негізгі жүктемемен жұмыс істеуге жарамды. Нарықта қуаты 50 МВт немесе одан жоғары төмен жылдамдықты дизельді қозғалтқыштар және қуаты 40 МВт дейінгі газ-дизельді қозғалтқыштар да бар. Төмен жылдамдықты дизельді қозғалтқыштардың жылу қуаты 130 МВт немесе одан жоғары. Ұшқынмен тұтандырылатын және сарқылған қоспаны қолданатын төрт тактілі газ қозғалтқыштарының жылу қуаты 45 МВт дейін болады [135].

Газ турбиналарымен салыстырғанда поршеньді қозғалтқыштардағы жану үздіксіз емес және жабық жану камераларында жүреді. Жану кезінде қысым мен температура айтарлықтай жоғарылайды, бұл шағын агрегаттар үшін жоғары конверсия тиімділігін қамтамасыз етеді. Көптеген жүйелер сұйық отын ретінде дизель немесе мазутты пайдаланады, бірақ газ тәрізді отынды пайдалану да мүмкін. Шығарындылар бойынша қолданыстағы стандарттарды орындау үшін жиі арнайы шаралар қабылдау қажет. Еуропада сұйық отынды пайдалану арқылы энергия өндіруге арналған өзара байланысты жүйелерде бірнеше осындай қондырғылар бар. Сұйық отынды қолдану негізінен оқшауланған жүйелермен шектеледі (мысалы, аралдағы жұмыс, шалғай аудандар), онда табиғи газ құбырлары жоқ. Газбен жұмыс істейтін стационарлық қондырғылар бүгінде өте кең таралған және желіні тұрақтандыру үшін орташа ЖЭО мен ірі шындық электр станцияларын қамтиды.

Осылай қолданылатын поршеньді қозғалтқыштың көптеген артықшылықтары бар, мысалы, жоғары жылу тиімділігі (төмен отын шығыны), жүктеме тұрғысынан әртүрлі қажеттіліктерді қанағаттандыру үшін оңтайлы орнату, құрылыстың қысқа мерзімі, техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығы және сенімді дизайн. Ең жақсы электрлік ПӘК (генератор қысқыштарында) 38 %-дан 48 %-ға дейін өзгереді (қозғалтқыштың көлеміне байланысты және бұл жаңа қозғалтқыш немесе біріктірілген циклге байланысты).

Жану қозғалтқыштарындағы қондырғылардың басқа да тартымды артықшылықтары оларды жылу мен электр тұтынушыларына жақын қалалық немесе өнеркәсіптік жерлерде орналастыруға болады. Мұндай жағдайда тарату желілерінің аз саны қажет болады және жылу желілеріндегі жылу шығынын азайтуға болады. Қозғалтқыштармен жұмыс істейтін ЖЭО өнеркәсіптік қосымшаларға, жергілікті коммуналдық кәсіпорындарға, тұрғын үй және коммерциялық ғимараттарға және т. б. жақсы сәйкес келеді, жылуды бу, ыстық су, ыстық ауа және т. б. түрінде шығаруға болады. Қалпына келтірілген жылуды қолданудың болжамды жағдайларына мыналар жатады: орталық жылыту/салқындату; тұщыландыру процестері; кейбір процестер үшін ауаны алдын-ала жылыту.

### **Дизельдік қозғалтқыштар**

Дизель қозғалтқыштары жанармай жағынан икемді және дизель отыны, мазут, газ, мұнай, биоотын және кейбір жағдайларда тіпті эмульсияланған отын сияқты отынды қолдана алады. Дизельдік қозғалтқышта ауа цилиндрге түсіп, поршеньмен қысылады. Отын цилиндрге құйылып, сығылған ауаның жылуынан тұтанады.

Қозғалтқышты салқындату кезінде шығарылатын жылу қазандығы мен экономайзермен бірге сұйық отын энергиясының 85 %-на дейін және газ тәрізді отын энергиясының 90 %-на дейін (электр және жылу түрінде) пайдалануды қамтамасыз ете алады.

Сұйық отынның қысымын 1100-1800 кг с/см<sup>2</sup>-ге дейін (қозғалтқыш түріне байланысты) және тез және толық жағуға қол жеткізуге болады. Отын беруге арналған бүріккіштің конструкциясы жағу процесінің негізгі факторларының бірі болып табылады. Жану ішінара тұрақты көлемде және қысымның жоғарылауымен жүзеге асырылады, ал жанудың негізгі процестері тұрақты қысыммен жүреді. Жану үздіксіз емес және циклдің бір бөлігінде ғана жүреді. Сығымдау соңындағы қысым мен температура жақсы жануды қамтамасыз етудің маңызды параметрлері болып табылады. Зақымданудың алдын алу үшін максималды қысым шектелуі керек. Қозғалтқыш материалдары шамамен 1200 нС температураға төтеп бере алады, мұның өзі 2500 іС циклді максималды температураға жеткізуге мүмкіндік береді. Осылайша, қозғалтқыштың осы түрінің тиімділігі шамамен 40-тан 50 %-ға дейін.

### **Ұшқынмен тұтандырылатын қозғалтқыштар**

Ұшқынмен тұтандырылатын Отто газ қозғалтқышы көбінесе сарқылған қоспаның тұжырымдамасына сәйкес жұмыс істейді. «Сарқылған қоспа» ұғымы сарқылған қоспаны білдіретін цилиндрдегі ауа/жанармай жануының қатынасын сипаттайды, бұл сарқылған қоспа, яғни цилиндрде жағуға арналған ауаға қарағанда ауа көп. Қозғалтқыштардың ірі түрлерінде азайған қоспаның тұтануын және жануын тұрақтандыру үшін мол ауа/отын қоспасы бар алдыңғы камера қолданылады. Қозғалтқыш алдыңғы камерада орналасқан, цилиндрдегі негізгі жағуды қамтамасыз етуге арналған жоғары энергиямен тұтандыру көзін білдіретін тұтандыру білтесімен тұтандырылады. Қозғалтқыштың бұл түрі отын ретінде төмен қысымды газды пайдалануға арналған. Электр ұшқынмен тұтандырылатын және жылу қуаты шамамен 40 МВт қозғалтқыштар нарықта қол жетімді.

### **Төмен қысымды екі отынды қозғалтқыштар**

Екі отынды қозғалтқыштар - нарықта таяуда сатыла бастаған және табиғи газы бар елдер үшін жасалған қозғалтқыштардың бір түрі. Қозғалтқыштың бұл түрі отын тұрғысынан әмбебап болып табылады, ол төмен қысымды табиғи газбен немесе дизель отыны, мазут, биоотын және т.б. сияқты сұйық отынмен жұмыс істей алады және отынның екі режимінде де толық жүктеме кезінде жұмыс істей алады. Газ режимінде қозғалтқыш азайған қоспа қағидаты бойынша жұмыс істейді, яғни цилиндрде газды толық жағу үшін қажетті ең аз ауа мөлшерінен екі есе көп мөлшерде ауа болады. Процесс жақсы бақыланған кезде, бұл жануды бақылауға және цилиндрдің жоғары өнімділігін әсер ету немесе өздігінен тұтану қаупінсіз қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Газ қозғалтқыштарында поршеньмен газ-ауа қоспасын сығымдау газды жану процесін бастау үшін жеткілікті түрде қыздырмайды, сондықтан қосымша қуат қосу керек, бұл шамалы отын ағынын (мысалы, дизель отыны) енгізу арқылы жүзеге асырылады. солярка сияқты сұйық отынның табиғи газға қарағанда тұтану температурасы төмен болады және жоғарғы жаққа жақын цилиндрдегі жылу сұйық

отынды тұтандыру үшін жеткілікті, ол өз кезегінде газ-ауа қоспасын жағу үшін жеткілікті жылу береді. Тамызық отынның көлемі толық жүктеме кезінде отынның жалпы шығынының 1-2 % шегінде болады. Қозғалтқыш дизель процесіне сәйкес, сұйық отын режимінде және Отто процесіне сәйкес газ режимінде жұмыс істейді [136]. Екі отынды қозғалтқыш жұмыс істеп тұрған кезде әртүрлі термодинамикалық циклдерді ескере отырып, қозғалтқышты әр отын үшін оңтайландыру мүмкін емес, мұнда компромис деңгейі маңызды. Екі отынды қозғалтқыш бірінші кезекте газбен жұмыс істеу бойынша оңтайландырылған. Осылайша, екі отынды қозғалтқыш үшін мүмкін болатын сығымдау коэффициенті қазіргі дизель қозғалтқышына қарағанда төмен болады, нәтижесінде, егер  $\text{NO}_x$  шығарындыларын азайту технологиясы болмаса,  $\text{NO}_x$  шығарындылары қазіргі оңтайландырылған дизель қозғалтқышына қарағанда сұйық отын режиміндегі екі отынды қозғалтқыш үшін жоғары болады.

#### **Жоғары қысымды газ-дизельді қозғалтқыштар**

Жоғары қысымды газбен жұмыс істейтін инжекторлық қозғалтқыштар сұйық отын мен дизель отынының режимінде дизель процесі бойынша жұмыс істейді. Газ режимінде тамызық мазут (мысалы, ауыр мазут) (әдетте отынның жалпы жылу ағынының 3-5 %) және шамамен 350-400 бар қысым кезіндегі жоғары қысымды газ қажет. Қозғалтқыш толық жүктеме кезінде, сұйық және газ отыны режимінде жұмыс істей алады. Нарықта 40 МВт немесе 20 МВт электр қуатына дейінгі жоғары қысымды газ-дизельді қозғалтқыштар бар.

#### **5.4. Отынды аралас жағу қондырғылары 5.4.1. Қондырғылардың сипаттамасы**

Көп отынды (аралас) жағуды негізгі отыны бар биомассаны және негізгі отыны бар қалдықтарды бірлесіп жағуға жатқызу керек. Көп отынды жағуды енгізудің айтарлықтай пайдалану салдарлары болады. Атап айтқанда, бірлесіп ұсақтау кезінде биомасса отыны оңтайлы өнімділікті қамтамасыз ету үшін қондырғылардың жеке конструкцияларына дәл сәйкес келуі керек және коммерциялық көп отынды жағу тәжірибесі бар көптеген жану қондырғыларында бірқатар техникалық проблемалар туындайды.

Биомассаны бірге жағуға байланысты тас көмірмен жұмыс істейтін жану қондырғысының жұмысына әсер ету қолданылатын қондырғының түріне байланысты болады, атап айтқанда, егер биомасса ұсақталатын болса, ұнтақтау қондырғысының конфигурациясына, биомасса жағылатын көмір диапазонына, сондай-ақ биомассаның сипаттамаларына байланысты болады.

Биомасса мен көмірдің отын ретінде сипаттары мүлдем әртүрлі. Биомассада көмірге қарағанда сілтілі және сілтілі топырақ элементтері (калий, натрий, кальций, магний), фосфор және хлор көп. Биомассаның барлық компоненттері қазандыққа түсетіндіктен, бірқатар техникалық проблемалар туындайды. Жанармайдағы хлордың

көп болуы қазандықтарда коррозияның жоғарылауына әкелуі мүмкін. Тез ластану және кождың пайда болуы құрамында калий деңгейі жоғары отынды пайдалану кезінде пайда болуы мүмкін [51].

Биомасса мен көмірдің ылғал мөлшері отынның белгілі бір түрлеріне байланысты әр түрлі болуы мүмкін. Биомассадан алынған брикеттелген отындар, әдетте, салмағы бойынша 10 % ылғалдылыққа ие болады, ал биомассаның кейбір басқа түрлерінде ылғал мөлшері әлдеқайда жоғары болуы және қосымша кептіруді қажет етуі мүмкін.

Қалдықтар туралы заңнама шеңберінде ЕО деңгейінде ресурстарды тұтынуды азайту және кәдеге жаратылатын қалдықтардың көлемін барынша азайту мақсаты қойылады. Осы тұрғыдан алғанда, кейбір ЕО елдерінің заңнамасы жоғары калориялы қалдықтар мен биомассаның жағылуын қолдамайды (>6,000 кДж/кг құрғақ зат). Қалдықтардың пайдаланылған фракцияларын кәдеге жаратудың балама нұсқасы бірлесіп жағу, сондай-ақ жағу және механикалық-биологиялық ыдырау болып табылады.

Бірге жағылатын қалдықтар алдын ала дайындалуы, алдын ала тазартылуы, жанатын бөлшектер жанбайтын бөлшектерден бөлінуі тиіс.

Қалдықтарды бірге жағу кезінде, жағу процесінде ең дұрыс қоспаны алуды қамтамасыз ету үшін белгілі бір процедураларды қолдану қажет, мысалы, қалдықтарды дайындау кезінде негізгі отынмен араластырып, бірге жағуға болады. Алайда, қалдықтар жану камерасына негізгі отынмен емес, бөлек жеткізу желілері арқылы енгізілетін тағы бір технология бар.

Қалдықтарды бірлесіп жағу қондырғының энергия тиімділігіне, ауаға және суға шығарындыларға әсер етеді, сонымен қатар қалдық жану өнімдерінің сапасына әсер етеді.

Қалдықтардан алынған отын негізінен қатты немесе сұйық және құрамында күлдің едәуір бөлігі болады. Осы себеппен бірге жағу қатты отынмен жұмыс істейтін қазандықты қолданумен азды-көпті шектеледі.

Жалпы алғанда, біріктіріп жағуға арналған отын жағу қондырғысындағы қалдықтардың жылу өнімділігі 10 %-дан аз. Қалдықтардың қатысуының жоғары деңгейі, әдетте, сұйылтылған қабаттағы қазандықтармен немесе көмір қазандықтарындағы бөлек ұнтақталған ағаш қалдықтарымен бірге жағуға байланысты.

#### **5.4.2. Биомассамен аралас жағу**

Биомасса мен көмірді жағу қондырғысына жеткізгенге дейін немесе одан кейін араластыруға болады.

Көмірмен жұмыс істейтін жағу қондырғыларында қабылданған биомассаны көп отынды жағудың ең көп таралған тәсілі - қолданыстағы көмір уататын диірмендерде көмір мен биомассаны бірге ұнтақтау. Бұл тәсіл «бірге ұнтақтау» деп аталды және екі отынды қазандықта бірге жаққанға дейін бір уақытта биомассаны да, көмірді де

кептіруге мүмкіндік береді. Диірменнің өндірімділігіне зиянды әсер етпеу үшін, бірге ұнтақтау жалпы отынның <10 % дейін шектелуі мүмкін.

Бұл опцияны «сыртқы араластыру» деп сипаттауға болады және көмірге ұқсас өңдеуге болатын жану қондырғысына отынның бірыңғай ағынын қалыптастырады. Екінші нұсқаны, жанармайдың екі түрі жағу қондырғысына жеткізілген кезде және екі отын ағынын бір-бірімен араластырғанға дейін жеке қабылдау және тиеу-түсіру құралдарын қажет ететін нұсқаны «өз орнында ұнтақтау» деп сипаттауға болады.

Бөлшектердің мөлшері бойынша біркелкі ұсақталуы дұрыс тұтану мен жанудың кілті болып табылады, ең сенімді шешімдердің бірі - оттыққа кіргізер алдында отынды бөлек ұнтақтау және араластыру. Бұл шешім жанармайдың екі түрін де оңтайландыруға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта ЕО орман шаруашылығы қалдықтарынан бастап ауыл шаруашылық қалдықтары мен энергетикалық дақылдарға дейін отынның кең спектрін жағу үшін жеке ұнтақтау жүйелерін қолдана отырып жағуды қолданады. Отын әдетте объектінің сыртында брикеттеледі және қондырғыға көлікпен жеткізіледі. Объектіде брикеттер арнайы балғалы диірмендердің көмегімен немесе ұнтақтаудың әртүрлі сипаттамаларын ескере отырып қайта жобалау жүргізілген көмір қондырғыларында ұнтақталады. Қазандықтар барлық көмір диірмендері мен жанарғыларын ауыстыру немесе өзгерту кезінде төменгі деңгейден бастап (диірменнің бір жиынтығын ауыстыру арқылы) толық модернизацияға дейін жанудың бірқатар деңгейлерінде жұмыс істей алатындығы дәлелденді.

Қазандықтағы биомассаны қазандыққа арнайы биомасса жанарғылары арқылы бөлек ағынмен беруге болады. Бұл бірге ұсақтауға қарағанда біршама артықшылықтар береді, ең бастысы, биомасса көмірдің ағымына, ұсақталуына және жіктелуіне әсер етпейді және төмен калориялық құндылығы немесе энергия блогында биомассасы бар көмірді бірге ұнтақтау кезінде пайда болуы мүмкін ешқандай шектеулер жоқ, Алайда, қондырғының бұл түрі бірге ұнтақтау үшін қажет шаңды тазарту жүйесін өзгертуге қарағанда капиталды көп қажет етеді. Биомассаны тікелей беру схемаларына арналған қондырғылар пневматикалық көлік желісіне беруді жүзеге асыратын қарапайым бункерден бастап, қазандықтың оттығына тікелей апаратын (қабатты жағу), жанарғыны басқарудың толық жүйесі бар жеке биомассаны жағу оттықтарына беруді жүзеге асыратын күрделі ұнтақтау қондырғысына дейінгі конструкцияларға ие болды.

Биомассаны бірге жағуды дамыту мен енгізудің негізгі себептерінің бірі, мысалы, шымтезек, лигнит немесе көмірмен бірге SO<sub>2</sub> және CO<sub>2</sub> шығарындыларының азаюы болды, өйткені бастапқы қазба отынды ауыстыру CO<sub>2</sub> шығарындыларын азайтады, ал биомассадан шыққан жаңартылатын CO<sub>2</sub> көміртекке бейтарап болып саналады.

Германияда 2010 жылы төрт лигнитті электр станциясы мен бес тас көмір электр станциясы жалпы 30 000 тонна ағашты қолдана отырып, ағаш биомассасын (қырыну, түйіршіктер және т.б.) бірлесіп өртеді (бірлескен жағу деңгейі 1-12 % құрады).



Биомасса күлінің бастапқы балқу температурасының төмендеуіне байланысты қазандық пешінен шығатын газдың температурасын төмендету керек. Жаңғырту жағдайында қазандықтың қуаты тиісінше төмендеуі мүмкін.

Биомасса әдетте ұнтақтау үшін бастапқы ауаның төменгі температурасын және дұрыс жану үшін ауаның жоғары мөлшерін қажет етеді. Нәтижесінде, әсіресе модернизацияланған жағдайда, қазандықтан шығатын түтін газын көмірді таза жағу деңгейіне дейін салқындату мүмкін емес, бұл қазандықтың тиімділігіне әсер етуі мүмкін және түтін газын тазартудың кез-келген жүйесін рұқсат етілген температураға тексеруді қажет етеді. Бұл әсерлерді, мысалы, бастапқы ауа салқындатқышты немесе түтін газын салқындатқышты орнату арқылы жеңілдетуге болады.

Көптеген жағдайларда бір жерде қол жетімді бағамен қол жетімді биомасса мөлшері тек биомассаға жағуды экономикалық тұрғыдан тиімді ету үшін өте аз. Жергілікті қол жетімді отын түрлерін пайдалануды үнемдеу, егер оларды қолданыстағы жану қондырғысында коммерциялық отынмен бірге жағуға болатын болса, айтарлықтай жақсаруы мүмкін. Алайда, бірге қолдануға болатын отын түрлеріне қатысты айтарлықтай техникалық және экологиялық шектеулер бар. Биомассаны көп отынды жағу көптеген фин электр станцияларында қайнаған қабатта сәтті қолданылады, мұнда негізгі отын шымтезек, көмір немесе целлюлоза және қағаз өнеркәсібінің ағаш қалдықтары болып табылады.

2002 жылы енгізілген Алхоменада (Финляндия) биоотынды жағу бойынша әлемдегі ең ірі энергия қондырғысы айтарлықтай қызығушылық тудырады. Конденсациялық режимде жұмыс істеу кезінде қондырғының жалпы электр қуаты 240 МВт құрайды. Өндіріске (100 МВт) және жылумен жабдықтау жүйесіне (60 МВт) бұл іріктеумен аралас режимде пайдаланылған жағдайда ең жоғары электр қуаты 205 МВт құрайды.

Жобаны іске асырудың негізгі мақсаты биомасса мен органикалық отынды бірлесіп жағу кезінде қоршаған ортаға зиянды заттардың жоғары тиімділігі мен төмен шығарындыларымен көп отынды технологияны қолданудың түбегейлі мүмкіндігін дәлелдеу болды.

Қондырғының отын теңгерімінде ағаш массасының үлесі (жақын маңда энергия қондырғысы салынған қағаз және аралау зауыттары кешені өндірісінің ағаш қалдықтары, қабығы және басқа да жанама өнімдері) 35-50 %-ды, шымтезектің үлесі-45-55 %-ды құрайды, сондай-ақ битуминозды көмірдің және мазуттың аз мөлшерін (10 %-ға дейін) резервтік отын ретінде және жағу процесінде пайдалану көзделген.

Барлық қондырғылардың басты элементі - айналмалы қайнау қабатының оттығы бар көп отынды бу қазандығы. Оны Финляндияның «Квернер Полпинг» фирмасы жасап, жеткізді. Биомассаны, шымтезек пен көмірді бірге жағуға арналған қазандықтың конструкциясы ерекше. Әлемде алғаш рет осындай үлкен қазандықта жұмыс сипаттарының ауқымы кең (жану жылуы, ылғалдылық және т.б.) отын жағылады. Көмірмен жұмыс істеу кезінде жану өнімдерінің көлеміндегі үлкен айырмашылықты

өтеу үшін түтін газын қайта өңдеу қолданылады. Жаңа бу бойынша қазандықтың бу өнімділігі 194 КГ/с (700 т/сағ), қазандықтың параметрлері 16,5 МПа және 545 еС өнеркәсіптік қыздырудың жақын көрсеткіштері 179 кг/с (645 т/сағ), 4,0 МПа және 545 еС. Қазандықтың жылу қуаты 550 МВт. Көлденең қимасы 200 м<sup>2</sup>-ден көп болғанда, пештің өлшемдері 8,5×24×40,5, асады. Айналмалы қайнаған қабаттағы күлді айналдыру үшін диаметрі 9,0 м үш бу циклоны қолданылады. Циклондардың салқындату (қыздыру) беті жаңа бу қыздырғышының бірінші сатысы болып табылады. Бұл пеш пен циклондар арасындағы минималды температура айырмашылығын қамтамасыз етеді. Бумен салқындатылған циклондарды қолдану (сумен салқындатылған циклондарға қарағанда) - әлемдік тәжірибеде осы типтегі қазандықтарды жасаудың алғашқы жағдайларының бірі.

Қазандық төрт тәуелсіз отын жеткізу желілерімен жабдықталған. Үш желінің жұмысы кезінде қазандықтың толық жүктемесі қамтамасыз етілуі мүмкін, бұл отынмен қамтамасыз етудің сенімділігін және жалпы бу шығару процесін арттырады. Жағуға қажетті ауаны жылыту үшін РАЖ пайдаланылады. РАЖ-ның негізгі артықшылығы - ауа жағынан да, газ жағынан да қалыпты аэродинамикалық кедергісі кезінде қазандық жұмысының анағұрлым жоғары тиімділігіне қол жеткізу (күбырлы РАЖ қолданған жағдайда ол ауаның неғұрлым төмен шығу температурасында екі есе жоғары болар еді). РАЖ бетін күлмен ластанған заттардан тазарту үшін үрлеу аппараттары мен суды жуу құрылғыларынан тұратын аралас жүйелер пайдаланылады. NO<sub>x</sub> түзілуінің төмендеуі ауаның сатылы берілуін қолданумен қамтамасыз етіледі. SO<sub>2</sub> шығарындыларын азайту үшін оттыққа әктас енгізіледі, ал көмір мен шымтезекті жағу кезінде одан да көп әктас енгізіледі, ағаш қалдықтарын жағу үлесінің артуымен енгізілген әктастың мөлшері азаяды. Әктасты енгізу пневматикалық әдіспен жүзеге асырылады.

Жағу өнімдерін тереңірек денитрификациялау үшін селективті каталитикалық емес қалпына келтіру жүйесі қолданылады (СКЕК). NO (50 мг/МДж) белгілі бір концентрациясына жеткенде циклондарға аммиак енгізіледі. Сондай-ақ, оны тікелей пешке беру қарастырылған. Түтін газдарын күлден тазарту төрт бөліктен тұратын электр сүзгісінде жүргізіледі.

Шымтезек өзінің сипаттамаларына байланысты көп отынды сүрек жағуға жарамды, ал қолданыстағы қондырғылар биомассаны жағу кезінде пайда болатын коррозия мен ластану проблемаларын азайтуға көмектеседі. Шымтезекті жағу мүмкіндігі сонымен қатар отын сұранысы үшін ағаш отынының қол жетімділігі жеткіліксіз жерлерде отынды үздіксіз жеткізуді қамтамасыз етеді.

Данияда ірі көмір немесе газ жағу қондырғысымен бірге бірнеше бөлек сабан жағу қондырғылары салынды.

Қайнаған қабаттағы жану процесінің (FBC) әр түрлі жанармайдың көп мөлшерін жағу мүмкіндігі жағынан артықшылықтары бар.

Айналмалы қайнау қабатындағы жағу қазандықтары (CFBC) көп отынды қазандықтар ретінде жобалануы мүмкін, яғни толық қуатқа тек көмір, аралас жағу немесе тек биомассаны қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Көмір мен биомассаны көп отынды жағу кезінде отынды өндеудің әртүрлі түрлеріне байланысты жеке автономды отын беру жүйелері бар. Олар сонымен қатар отынның барлық болжамды комбинациялары үшін икемді және тегіс жұмыс жасау үшін қажет.

Даниядағы 125 МВт электр станциясында ағаштың 20 %-ы өртенді, онда табиғи айналымы бар оттықтардың алдыңғы орналасуы бар қазандық орнатылды. Ұсақталған ағаш арнайы бейімделген екі оттықта жағылды. Ешқандай жағымсыз әсерлер байқалмады және бірлескен күйдірудің жоғары пайызы болуы мүмкін деп күтілді.  $\text{NO}_x$  шығарындылары 35 % төмендеді. Энергетикалық дақылдардың (талдың) сабаны және аз мөлшердегі ағаштары Даниядағы биомассаның ең маңызды отыны болып табылады. Сабандағы калий хлоридінің жоғары мөлшері қождың пайда болуына және коррозияға әкелуі мүмкін.

Сабанның 10 %-дан астамын бірге жағуға қосқан кезде, күл шаңындағы сілтілердің мөлшері цементте қолдануға арналған шектен асады. Бетонда қолдану үшін сілтілік құрамына байланысты шектеулер қатаң емес, ал сабанды бірге жағу дәрежесі 20 %-дан жоғары болуы мүмкін.

Биомасса брикеттері Германиядағы 280 МВт лигнитті электр станциясында бірге жағылды. Салмағы бойынша 10 %-ға дейінгі көлемді жағу кезінде қандай да бір проблемалар анықталған жоқ.

Жалпы қуаттылығы 550 МВт болатын үш лигнитті қондырғыдан тұратын Грециядағы электр станциясында шамамен алты ай ішінде сығылған зәйтүн дәндері салмағы бойынша 7 %-ға дейін жағылды. Эксперименттер будың жұмыс параметрлерінің (массалық ағым, температура және қысым), күлдегі қождың және жанбайтын отын құрамының өзгерістерін көрсеткен жоқ. Сығылған зәйтүн тұқымдарындағы күкірт мөлшері едәуір төмен болғандықтан,  $\text{SO}_2$  шығарындылары азайды.

ЕО-да өте көп шығын көлемімен, тіпті 50 % асатын шығын көлемімен биомассаның көмірмен және лигнитпен жағылуын көрсететін әртүрлі типтегі және мөлшердегі жану қондырғыларының көптеген үлгілері бар.

Сатылы ауа берумен үйлестірілген қайнаған қабат процесіндегі қазанның оттығындағы төмен температура қағида бойынша 200 мг/нм<sub>3</sub> тен төмен  $\text{NO}_x$  шығарындыларына әкеледі.  $\text{NO}_x$  шығарындыларын одан әрі төмендету үшін аммиак беру жүйесін (СКЕК)

оңай орнатуға болады, оның көмегімен шығарындылар деңгейіне 100 мг/нм<sup>3</sup> дейін немесе одан төмен деңгейіне (6 %  $\text{O}_2$  кезінде) қол жеткізуге болады.  $\text{SO}_x$  шығарындыларын күкіртсіздендіру жағдайлары қолайлы болатын пеш камерасына

эктас қосу арқылы басқаруға болады. Биоотынды көмірмен көп отынды жағу  $SO_x$  шығарындыларын және эктас шығынын одан әрі азайтады. Тек көмірді жағумен салыстырғанда, биомассаның көп отынды жағылуы  $NO_x$  және  $SO_x$  бастапқы шығарындыларының төменгі деңгейіне жетеді және  $CO_2$  шығарындыларын биомассадан отын шығынына пропорционалды төмендетеді.

#### 5.4.3. Қондырғының тиімділігі

Жылу электр станциялары, егер олар үлкен конденсациялық электр станцияларына қарағанда әлдеқайда шағын болса, биомассаны және/немесе шымтезекті жағуға үнемді. Шағын электр станцияларын пайдалану кезінде биомассаны және/немесе шымтезекті шағын аумаққа жинауға болады, бұл отынды тасымалдау шығындары мен қоршаған ортаға әсерін азайтуға көмектеседі, бұл биомассаны және/немесе шымтезекті жағу қондырғыларын пайдалану кезінде ескерілетін негізгі фактор болып табылады.

Биомассамен және/немесе шымтезекпен жұмыс істейтін жанармай жағатын қондырғылар көбінесе жылу электр орталықтарына жарамды, қалпына келтірілетін жылу мөлшері әдетте жергілікті қажеттіліктерден асып түсетін ірі электр станцияларынан айырмашылығы, олардың мөлшері әдетте өнеркәсіптің жергілікті жылу тұтынуына, орталықтандырылған жылумен жабдықтау схемаларына және т. б. сәйкес келеді. Финляндиядағы отын жағу қондырғыларында қолданылатын шымтезектің шамамен 72 % және биомассаның 93 % ЖЭО-да өндірілген. Ирландияда шымтезек керісінше, тек электр энергиясын өндіру үшін қолданылады.

Жоғарыда айтылғандай, биомассамен және/немесе шымтезекпен жұмыс істейтін көптеген электр станциялары ЖЭО болып табылады. Электр және жылу когенерациясы жалпы жанармайдың өте жоғары деңгейіне жетуге мүмкіндік береді, ол 90-95 % жетуі мүмкін. Алайда, жылу электр станциялары үшін отынды пайдаланудың стандартты жалпы деңгейін жалпы негізде анықтау қиын. Энергия қондырғысының ПӘК жылу жүктемесі мен оның өзгеруі, баға деңгейі және нарықтағы электр энергиясына қажеттілік, қолданылатын технологиялар және т.б. сияқты факторларға байланысты. Жылу мен энергияның когенерациясы, әдетте, экономикалық жағынан тиімді болған кезде техникалық нұсқа ретінде қарастырылады, яғни, жылу немесе энергия қондырғысы бар кәдімгі электр станциясының орнына жергілікті жылу сұранысы қымбат жылу электр орталығының құрылысын қамтамасыз ету үшін жеткілікті жоғары болған кезде қарастырылады. Шынында да, электр энергиясын өндіру үшін жұмыс істейтін электр станциялары кең таралған. Шаңды отынды жағу кезінде Финляндиядағы шымтезек қазандығында электр тиімділігінің 38-39 % деңгейіне қол жеткізілді.

Көмір қондырғысының биомассаны жағуға 100 % ауысуы қондырғының жалпы жылу ПӘК шамалы ғана әсер етеді. Пайдаланылған биомасса (мысалы, түйіршіктер)

көмірмен салыстырғанда ылғалдылықтың төмен деңгейіне ие болғандықтан, ұсақтау кезеңінде салқындатқыш ауа ағынының көп мөлшері қажет, бұл жану ауасының көп мөлшері ауа жылытқыштарын айналып өтетіндігіне байланысты. Мұның нәтижесі - түтін газының жоғары температурасы және нәтижесінде қазандықтың жалпы тиімділігінің аздап төмендеуі.

Биомассаны көмірмен көп отынды жағудың әдеттегі әсеріне көп отынды жағу жағдайында 5-10 аС-қа көтерілетін түтін газының температурасы және күлдегі бөлшектердің мөлшеріне байланысты жанғыш заттың үлесі екі есе артады. Алайда күл құрамы көмірдің оннан бір бөлігін құрайды. Бұл әсерлер қазандықтың тиімділігінің төмендеуіне әкелуі мүмкін, бірақ Еуропада бірнеше жану қондырғыларында жүргізілген зерттеулер биомасса материалын жылу арқылы 5-10 % -ға дейін бірге жағу кезінде қазандықтың жұмысына аз әсер етеді.

Биомассада немесе шымтезекте жұмыс істейтін конденсациялық электр станциялары, әдетте, үлкен көмір жағатын қондырғыларға қарағанда аз, ал олардағы бу қысымы мен температурасы қазіргі көмір электр станцияларына қарағанда төмен. Биомасса шаңды отынмен жұмыс істейтін қолданыстағы ірі энергетикалық қазандықтарда қолданылған кезде, электр станциясының жоғары тиімділігіне қол жеткізуге болады. Алайда қазандықтағы температураның таралуы өзгереді. Қазандықтың ішіндегі температура таралуының өзгеруі және атмосфералық тасымалдау сипаттамаларының шамалы ауытқуы бірдей жүктеме коэффициентімен жұмыс істейтін көмір қондырғысымен салыстырғанда толығымен өзгертілген блоктың тиімділігінің аздап төмендеуіне әкелуі мүмкін [86].

Ылғалдылықтың немесе күлдің қондырғының энергия тиімділігіне ықтимал әсерінен басқа, бірлескен жану қондырғының тиімділігіне де әсер етуі мүмкін. Бұл номиналды жүктеме немесе электр станциясының жүктеме өзгеру жылдамдығының төмендеуіне әкелуі мүмкін. Мысалы, түтін газының желдеткіштерінің қуаты дымқыл қалдықтардың бірлескен жану дәрежесін шектеуі мүмкін. Құрылымының жұмысына (және жұмыс үшін) қазандықтың коррозиясы (қалдықтардағы Күкірт пен хлордың болуына байланысты), эрозия, шөгу, майлау (күлдегі сілтінің болуына байланысты) әсер етуі мүмкін. Ірі отын жағу қондырғыларының жабдықтарын қалдықтарды алдын ала дайындауға немесе конверсиялауға бейімдеу немесе бірлесіп жағу дәрежесін шектеу жұмыс тиімділігінің төмендеуіне жол бермейді.

Қалдықтарды жағу кезінде қондырғының энергия тиімділігі мен тиімділігіне қазандықта қолданылатын қалдықтар мен жобалық отынның алшақтығы әсер етуі мүмкін. Мұндай әсер мыналарды қамтитынын ескере отырып, бұл проблемалар өзекті болуы мүмкін:

жағу қондырғысы жабдығының қолданыстағы жобалық қуаты (мысалы, ылғалды қалдықтарды жағу кезінде ылғалды түтін газдарының неғұрлым жоғары ағындарының талаптарына байланысты);

негізгі отынның сипаттамасынан өзгеше болуы мүмкін жану, жалынның тұрақтылығы, жалынның температурасы, азот оксидінің түзілуі және отынның жану режимдері сияқты қалдықтардың сипаттамалары;

күлдің химиялық құрамына (әсіресе калий, натрий және күкірт) және күлдің балқу температурасына әсер ететін қождану және майлану; қазандықтың жылу кернеуі, әсіресе радиациямен жылу алмасу және конвективті жылу беру;

тұздармен келтірілген қазандық элементтерінің коррозиясы және эрозиясы (қалдықтардағы күкірт пен хлор қосылыстарынан және қазандықта жану кезінде жұмыс жағдайларынан туындайтын, мысалы, ауа мөлшерінің төмендеуі кезінде);

жанама өнімдер мен жану қалдықтарының сапасы мен сипаты;

күкірт, хлор, ауыр металдар, органикалық заттар және т.б., құрамында қалдықтар пайда болған ауаға шығарындылар;

қалдықтардың құрамындағы күкірт, хлор, ауыр металдар, органикалық заттар және т.б. пайда болған суға шығарындылар;

түтін газдарының құрамындағы өзгерістерге байланысты түтін пештерін тазарту жүйесінің әсері;

қалдықтарды алдын ала дайындаумен байланысты ауаға және суға шығарындылар (мысалы, сарқынды су шламдарын кептіру).

Мұндай әсерлерді негізгі отын үлесінен қалдықтардың аз ғана үлесіне дейін және/немесе қалдықтарды тиісті дайындау кезінде бірлесіп жағу дәрежесін шектеу арқылы азайтуға болады.

Мұнай коксын көп отынды жағу қазандықтағы көмірмен жұмыс істеу режимінде немесе қондырғының пайдалану параметрлері кезінде ғана түзетуді талап етпейді. Алайда, мұнай коксы құрамындағы күкірттің жоғарылауы төмен күкіртті көмірмен араластыруды немесе түтін газын күкіртсіздендіру қондырғысының өнімділігін арттыруды қажет етуі мүмкін. Жалпы, мониторинг деректері көмір-кокс қоспасын жағатын қондырғының қоршаған ортаға әсері тек көмірді жағатын сол қондырғының әсеріне ұқсас екенін көрсетті [70].

Отынның бірнеше түрін: көмірді, лигнитті, биомассаны және/немесе шымтезекті жағатын қондырғыларда көмірді және/немесе лигнитті жағу және биомассаны және/немесе шымтезекті жағу үшін ең үздік әзірленген технологияны анықтау кезінде ескеру қажет әдістер қолданылады.

Жоғарыда аталған әдістер міндетті түрде секторда қолдануға болатын әдістердің толық тізімін білдірмейді. Басқа әдістер болуы мүмкін немесе оларды бөлек орнатуға арналған ең үздік әзірленген технологияны анықтау үшін қарастыруға болады.

## **5.5. Қалдықтарды жағу**

Құрамында органикалық заттар бар қалдықтардың пайда болу көздері халықтың өмірлік белсенділігі, сол сияқты кәсіпорындардың өндірістік және әкімшілік-шаруашылық қызметі болып табылады. Мұндай қалдықтардың мысалдары: қатты коммуналдық қалдықтар (ҚКҚ).

Құрамында органикалық заттар бар қалдықтарды кәдеге жарату және залалсыздандыру тәжірибесінде термиялық әсердің үш негізгі әдісі кеңінен қолданылады [2]:

а) жағу - жоғары температуралы тотығу әдісі. Оның мәні жанғыш қалдықтарды жоғары температуралы жылу тасымалдағышпен (отынның жану өнімдерімен, плазмалық ағынмен, балқымамен және т.б.) жағу болып табылады. Бұл әдісті қолданған кезде улы компоненттер термиялық ыдырауға, тотығуға және газдар мен қатты өнімдерді шығару үшін басқа химиялық түрлендірулерге ұшырайды.

б) пиролиз - тотықтырғыш жетіспеген немесе болмаған кезде құрамында органикалық заттар бар қалдықтардың термиялық ыдырау процесі, соның нәтижесінде құрамында жоғары қайнаған шайырлы заттар бар қатты көмір тәрізді қалдық және пиролизді газ пайда болады. Газдың жану жылуы  $\sim 13-21$  МДж/м<sup>3</sup>. Төмен пиролиз температурасында ( $\sim 400-600$  аС) түзілетін сұйық шайыр өнімдерінің үлесі көбірек, ал жоғары температурада ( $\sim 700-1050$  аС) газ тәрізді өнімдердің үлесі көп.

в) газдандыру - құрамында органикалық заттар, тотықтырғыш (ауа, оттегі, су буы, көміртегі диоксиді немесе олардың қоспасы) бар қалдықтарды стехиометриялықтан төмен шығынмен, синтез-газ және қатты немесе балқытылған минералды өнім ала отырып, термиялық деструкциялау процесі.

Пайдаланылатын термиялық қондырғылар мен жабдықтардың оңтайлы технологиялық және құрылымдық сипаттамаларын таңдау үшін кәдеге жаратуға немесе залалсыздандыруға жататын қалдықтардың нақты түрлерінің құрамын білу қажет.

Жану кезінде негізінен көмірқышқыл газы, су және күл пайда болады. Қалдықтардағы күкірт пен азот жанған кезде әртүрлі оксидтер түзеді, ал хлор NSL-ге дейін азаяды. Қалдықтарды жағу кезінде газ тәрізді өнімдерден басқа қатты бөлшектер де пайда болады ы металдар, шыны, қождар және т.б., олар одан әрі кәдеге жаратуды немесе көмуді қажет етеді. Жану кезінде органикалық қосылыстар ыдырайды, ал бейорганикалық қосылыстар оксидтер мен карбонаттарға айналады, олар қождар мен күлмен бірге шығарылады. От жағу газдарының құрамындағы оксидтер мен карбонаттардың ұсақ дисперсті бөлшектері әртүрлі газ тазарту қондырғыларында («дымқыл» скрубберлер, электр сүзгілері, мата сүзгілері және т.б.) ұсталады.

Қалдықтарды ғылым мен техниканың қазіргі даму деңгейінде термодеструкциялау қалдықтардағы органикалық зиянды заттар мен олардың толық ыдырамайтын өнімдерінің іс жүзінде толық жойылуын қамтамасыз етеді, бұған жоғары температуралардың (1000 аС-тан астам), ыстық аймақта газдардың жеткілікті болу уақытының және оттегі концентрациясы кемінде 6 % болған кезде жалынның белсенді

турбуленттілігінің көмегімен қол жеткізіледі. Бұл диоксиндер мен фурандарға да қатысты, олар 90 %-дан асады. 850 ыС температурада диоксиндер олардың құрамдас бөліктеріне бөлінеді. Алайда, түтін газдарын салқындату кезінде пайда болған фрагменттердің өте аз бөлігі қайта қосылуы мүмкін. Оларды сенімді бөлу үшін ұнтақ тәрізді активтендірілген көмірді қосымша беру мүмкіндігімен түтін газын тазарту жүйесінде қапшық сүзгілері және нәтижесінде барлық диоксиндер мен фурандарды тиімді бөлу қолданылады [7, 8, 9]. Бұл технологиялық шешімдер жану әдісі қолданылатын бірқатар қондырғыларды құру кезінде жасалады және қазіргі заманғы өрт сөндіру зауыттарында тікелей жүзеге асырылады. Түтін газдарын тазарту үшін қоқыс жағатын зауыттарда шығатын түтін газдарын тазартудың кемінде үш сатылы жүйесі бар [10, 11, 12] жабдық қолданылуы тиіс. Абсорберде тазартудың бірінші кезеңінде түтін газдарының қышқыл компоненттерін әкпен бейтараптандыру ұсақ су тамшыларының қатысуымен жүреді. Екінші кезеңде сүзгі қапшығында күлді терең тазарту және сүзгі шүберегінде әк қабаты мен белсендірілген көмір арқылы түтін газын сүзу процесінде ауыр металдар мен диоксиндерді сіңіру жүзеге асырылады. Тазартудың үшінші кезеңінде түтін газдарындағы азот оксидтерін аммиак суын қолдана отырып, молекулалық азотқа дейін қалпына келтіру жүзеге асырылады. Жоғары температура кезінде де залалсыздандырылмайтын ауыр металдар сияқты Бейорганикалық зиянды заттар түтін газын тазартуға арналған көп сатылы қондырғыда және жағу қалдықтарын қайта өңдеу кезінде концентрацияланған түрде бөлініп, алынып, байланыстырылуы керек. Осыдан кейін олармен жұмыс экологиялық таза түрде жүргізілуі керек. Өртеу кезінде пайда болатын тау жынысына ұқсас қауіптілігі аз кождар қауіпсіз кәдеге жаратылуы мүмкін. Германияда, Голландияда және басқа елдерде олар қиыршық тасты алмастырғыш ретінде немесе қабырғаларды дыбыстық оқшаулау үшін қолданылады [13, 14].

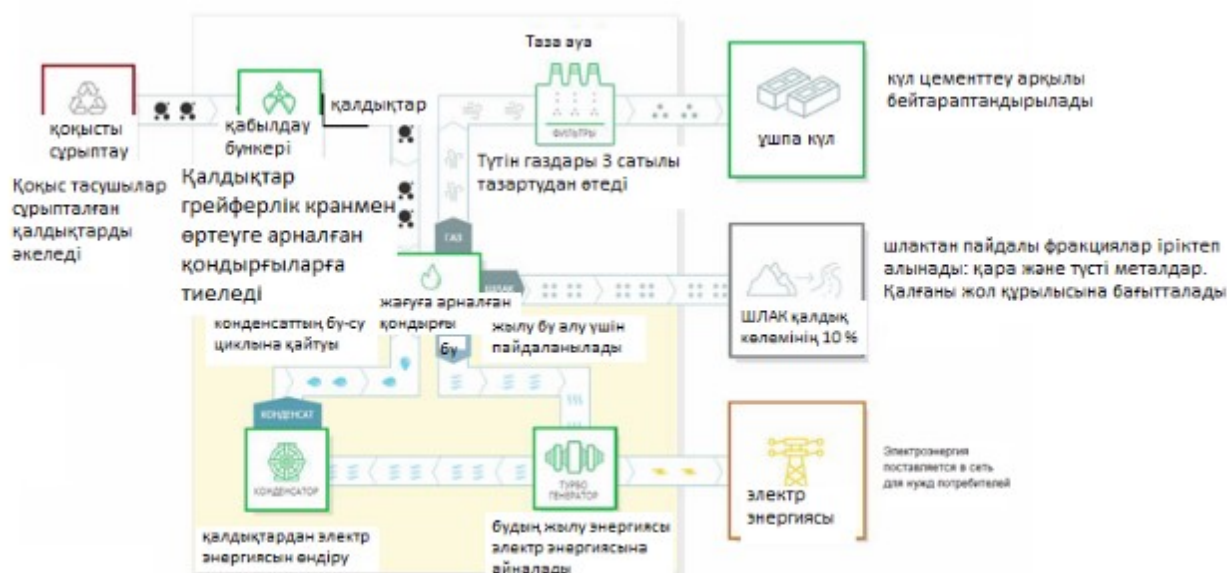
Қатты коммуналдық қалдықтарды (бұдан әрі - ҚКҚ) кәдеге жаратудың термиялық тәсілдеріне қатысты: ҚКҚ-ға түсетін қайталама материалдық ресурстарды және қауіпті қалдықтарды селективті жинаудың нашар дамуы; жағуға немесе пиролизге жіберілетін кәдеге жарату фракцияларының, тұтынудың қауіпті қалдықтарының (сынап лампалары және құрамында сынабы бар басқа да аспаптар, батареялар, аккумуляторлар және т.б.) ағынға түсу ықтималдығын азайтуға мүмкіндік бермейтін оларды сұрыптау тиімділігінің төмендігі. Бұл факторлар ҚКҚ-мен жұмыс істеудің термиялық әдістерін кеңінен қолдану үшін, оның ішінде қоршаған ортаға әсер етудің рұқсат етілген деңгейін қамтамасыз ету бөлігінде елеулі қиындықтар туғызады.

Қалдықтар ағындарынан материалдық өнім алуға жарамды компоненттерді барынша толық алу үшін жағуға, пиролиздеуге, газдандыруға, қайталама материалдық ресурстарға жіберілетін аралас қалдықтардың құрамына түсуін болғызбау үшін жағдайлар жасауға ғана емес, сондай-ақ қалдықтарды термиялық тәсілмен кәдеге жарату және залалсыздандыру нәтижесінде пайда болатын қайталама энергетикалық



ресурстарды барынша пайдалану проблемасына да елеулі назар аудару қажет. Бұл проблема әсіресе қоқыс жағатын зауыттар сияқты ірі объектілер үшін, оның ішінде олардың энергетикалық және экономикалық тиімділігін арттыру тұрғысынан өзекті.

Бүгінгі таңда ҚКҚ-ны энергияға термиялық өңдеу кәсіпорындары (Waste-to-Energy, WtE) қазбалы отындағы дәстүрлі электр станцияларына балама жасай отырып, жылу мен электр энергиясын өндірудің маңызды құралы болып табылады. Қалдықтарды жағу туралы ЕО директивасы энергияны қалпына келтіруді осындай кәсіпорындарды пайдаланудың міндетті шарты етеді, сондықтан қазіргі уақытта ҚКҚ термиялық өңдеу технологияларын осы контекстен тыс қарастырудың қажеті жоқ. Шын мәнінде, қазіргі уақытта Еуропада жұмыс істеп тұрған ҚКҚ термиялық өңдеу кәсіпорындары қазандықпен және энергияны түрлендіру жүйесімен жабдықталған (5.61-сурет).



5.47-сурет. ҚКҚ термиялық қайта өңдеу кәсіпорнының құрылымы

### 5.5.1. Қолданылатын процестер мен техникалар

Термиялық өңдеу - ЕО-да және бүкіл әлемде ҚКҚ-мен жұмыс істеудің дәлелденген және таңдаулы тәжірибесі, өйткені ол жерді толтыру кезінде қоршаған ортаға әсерді азайтуға да, жаңартылатын энергия өндіруге де әкеледі. ҚКҚ термиялық өңдеу технологиялары қалдықтардағы энергияны электр энергиясына түрлендірудің немесе жылу мен электр энергиясын аралас өндірудің ең көп қолданылатын нұсқалары болып табылады.

Бүгінгі таңда қалдықтарды энергияға термиялық өңдеу зауыттары көптеген жылдар бұрын салынған өрт сөндіру қондырғыларына қарағанда әлдеқайда дамыған. Біріншіден, олардың атауынан көрініп тұрғандай, қазіргі заманғы қондырғылар ҚКҚ көлемін 90 % азайтып қана қоймайды, сонымен қатар олардан әлемде сұраныс үнемі өсіп келе жатқан энергияны алады, ал ескірген кәсіпорындар олардың көлемін азайтуға

тырысты. Екіншіден, жану технологиясында да, түтін газын тазартуда да техникалық прогрестің арқасында жылу процестері қазіргі уақытта шығарындылардың ең төменгі деңгейімен өңдеу әдістерінің бірі болып табылады.

Қазіргі уақытта қалдықтардан энергия алудың жылу әдістерінің көптеген түрлері бар. ҚКҚ-ны классикалық жағу және оның қазіргі заманғы өзгерістері әлі күнге дейін ҚКҚ-ны түпкілікті өңдеудің ең кең таралған және дәлелденген әдістері болып табылады.

Қалдықтарды термиялық өңдеу олардың құрамындағы энергияны босатады, оны беру мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін бу қазандықтарын пайдалану қажет. Көбінесе жылжымалы (торлы) тор және сұйылтылған қабаты бар қазандықтар қолданылады (ҚКҚ, АҚҚ), роторлы пештер аз қолданылады (айналмалы, циклондық).

Жылжымалы торы бар қазандықтар басым көпшілігін құрайды, Еуропадағы зауыттарда олардың шамамен 87 %-ы қолданылады. Бұл технология өте танымал және ұзақ зерттелген.

**Желгартқыш торда тікелей жағу техникасы.** Жалпы жағдайда, бұл технология келесідей көрінеді: ҚКҚ пештің төменгі жағынан берілетін ауаның қатысуымен қозғалатын торда жанады; күл мен жанбайтын қалдықтар осы тордың соңынан шығарылады және күйдірілгеннен кейін пештен шығарылады; күлдің бір бөлігі (ұшпа фракция) түтін газдарымен бірге кетеді және кейіннен сүзгілерде жиналады.

Әдістің негізгі артықшылығы өнімділік, соңында пайда болған қож мен күлден пайдалы материалдарды (негізінен металдар) алу құрамы мен дәрежесіне байланысты бастапқы ҚКҚ көлемін 95-96 %-ға азайту және қалдықтарды алдын ала өңдеудің қатаң қажеттілігінің болмауы болып табылады.

Тікелей жағу сонымен қатар адамның өндірістік және экономикалық қызметінің арнайы салаларында (кейбір медициналық және қауіпті қалдықтар және т.б.) пайда болатын және арнайы көмуге немесе залалсыздандыруға жататын қалдықтардың көлемін едәуір азайтуға мүмкіндік береді, өйткені жоғары температура қоздырғыштар мен кейбір токсиканттарды тиімді түрде жояды. Жалпы жағдайда, жану тиімділігі пештің және тордың конструкциясына байланысты (аудармалы-итергіш, кері-итергіш немесе ролик).

ҚКҚ тікелей жағу процесінде алынған қожды одан металл фракциясын бөлу үшін қосымша өңдеуге болады. Қалдықтың өзін де қайта өңдеп, қауіпсіз құрылыс материалдарын өндіруге пайдалануға болады. Қалдықтардың ықтимал экономикалық құндылығы технологияның қосымша артықшылығы болып табылады.

Әдістің кемшіліктері, әдетте, құрамында өте улы қосылыстардың барлық спектрі болуы мүмкін шығатын газдарды қамтиды. Осыған байланысты, осы процесс нәтижесінде алынған газдың температурасы құрамында хлор бар материалдар 1 %-дан аз болатын

қалдықтарды өңдеу кезінде 850 eC деңгейінде сақталуы және осындай ҚКҚ үлесі ұлғайған кезде 1100 eC температураға дейін көтерілуі тиіс, бұл қажетсіз галогенделген органикалық жанама өнімдердің тұрақты жойылуын қамтамасыз етеді.

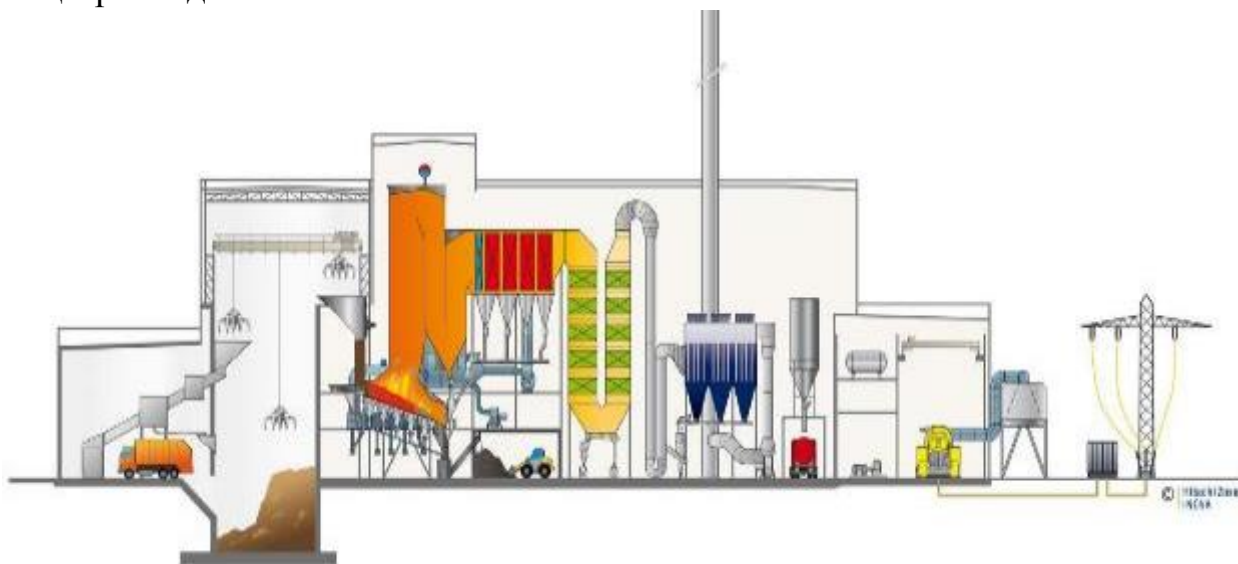
Соңғы жылдары осы салада орын алған техникалық прогресс елеулі нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік берді, ал неғұрлым қатаң нормативтерді енгізу оларды бүкіл әлем бойынша енгізу процесін жеделдетті, оның барысында ҚКҚ тікелей жағу қағидаты бойынша жұмыс істейтін әлемдегі қолданыстағы қондырғылардың шығатын газдары қазіргі уақытта экологиялық рұқсат етілетін сапаға ие болады.

Қалдықтарды қабатты күйдіретін пештер қалдықтарды тасымалдайтын торлардың түрі мен жұмыс қағидатымен ерекшеленеді, осылайша жақсы араластыру және әртүрлі температура аймақтарынан өту қамтамасыз етіледі. Үш түрлі жүйе бар [76]:

қалдықтар желтратқышпен тасымалданатын итергіш желтартқыш торы бар; Тордың көлбеу беті қажет емес, дегенмен оны кейбір өндірушілер ұсынады. Тордың қозғалысын жылдамдатуға байланысты беру жылдамдығын арттыруға болады. Бұл пештегі уақытты бақылауға және қалдықтарды торға тиеу кезінде тербелістерге бейімделуге мүмкіндік береді. Итергіш тор қазіргі уақытта жаңа қондырғылардағы маңызды желтартқыш тор жүйесі болып табылады;

қалдықтар ауырлық күшінің әсерінен тасымалданатын кері-итергіш торы бар жүйе. Көлбеу бет қажет, өйткені қалдықтар мен тор қарама-қарсы бағытта қозғалады. Кері итергіш торлар, мысалы, дымқыл қалдықтарға жарамды;

қалдықтар ауырлық күшінің комбинациясы (тордың беті көлбеу) және қалдықтарды тасымалдауға арналған біліктердің қозғалысы есебінен тасымалданатын білікшесі бар жүйе. Жылжымалы роликтер қалдықтарды төмен қарай тасымалдайды. Орамдардың айналуын жеделдету тасымалдауды жеделдетуге әкеледі, бірақ араластыруды жақсартпайды.



5.48-сурет. Edinburgh, UK Hitachi Zosen Inova жылжымалы торында тікелей жағу арқылы ҚКҚ термиялық қайта өңдеу кәсіпорнының схемалық көрінісі

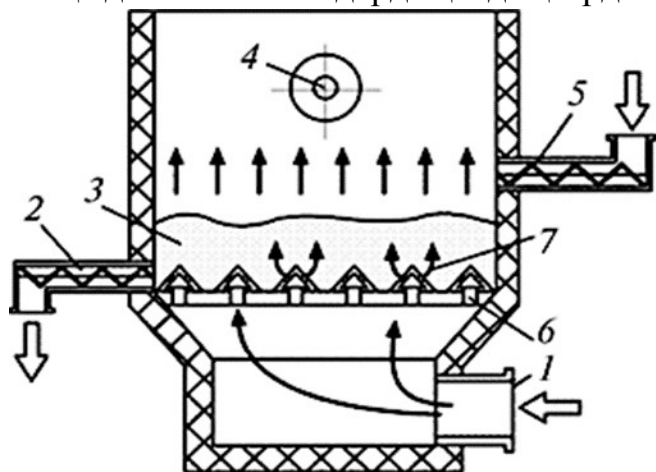
Эдинбургте, Ұлыбританияда Hitachi Zosen Inova жобасы бойынша салынған жылжымалы торға тікелей жағу арқылы ҚКҚ термиялық қайта өңдеу жөніндегі кәсіпорынның схемасы 5.65-суретте көрсетілген.

**Псевдосұйылтылған қабатта жағу.** Екінші ең танымал әдіс - қайнаған (псевдосұйылтылған) қабатта жағу. Бұл жағдайда ҚКҚ бункерге кранмен тиеледі және қалдықтарды беру құрылғысымен өлшемі 150 мм-ден кем бөлшектерге дейін алдын ала ұсақталады. Ұсақталған ҚКҚ қайнаған қабаты бар реакторға салынады. Қайнаған қабаты бар реакторлардың жұмыс қағидаты газдарды (ауаны) тормен бекітілген инертті материалдың (бөлшектердің мөлшері 1-5 мм құм) қабаты арқылы жеткізуден тұрады. Газ ағынының критикалық жылдамдығымен инертті қабат қайнаған сұйықтыққа ұқсайтын тоқтатылған күйге өтеді. Реакторға түскен қалдық инертті қабатпен қарқынды араластырылады, бұл ретте жылу алмасу елеулі түрде күшейтіледі.

Ауа тарату торы жақсы жалған сұйылтуды қамтамасыз ету үшін ауа ағынының қабат арқылы біркелкі өтуін қамтамасыз етеді. Кәдімгі торлардың үш түрі қолданылады: перфорацияланған тор, саптамалары бар тор және құбырлы тор. Қабатты жылыту газ жанарғыларының немесе мазутты форсункалардың көмегімен жүзеге асырылатын қондырғылар үшін тор құрылымы ыстық газдардың өту мөлшерімен есептелуге тиіс. Әдетте мұндай жағдайларда су салқындататын торлар немесе ыстыққа төзімді, легирленген болаттардан жасалған торлар қолданылады.

Жалған сұйылту сипатына байланысты негізінен қайнаған қабаттың екі модификациясы қолданылады: стационарлық (көпіршікті) және айналмалы.

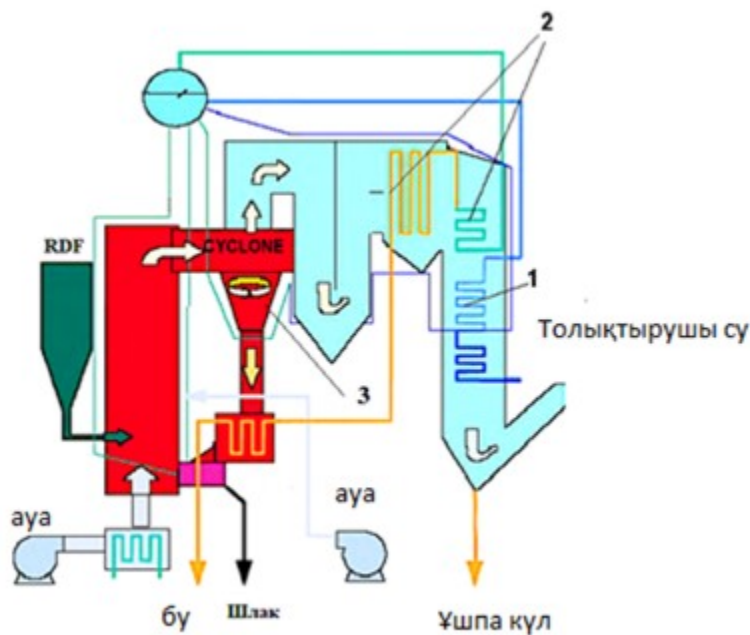
Қатты қалдықтарды, стационарлы қайнаған қабаты бар шламдарды жағуға арналған реакторлар, әдетте, газ тарату торымен шектелген цилиндрлік немесе тікбұрышты жағу камерасынан (5.49-сурет) тұрады, оның конструкциясы қожды кетіру мүмкіндігін көздейді. Тұрақты қайнаған қабаты бар реакторлар АҚШ, Германия, Жапония және басқа да көптеген елдерде қалдықтарды жағу үшін кеңінен қолданылады.



1-үрлеу ауасын жеткізу; 2-оттықтан күл мен пайдаланылған құмды түсіру; 3-қайнау (псевдосұйылтылған) қабаты; 4-жағу оттығы; 5-отын мен таза құмды тиеу; 6-ауа тарату торындағы арналар; 7-ауа тарату торындағы қоңыраулар арқылы ауаны жеткізу

#### 5.49-сурет. Стационарлық (көпіршікті) қайнаған қабаты бар оттық

Айналмалы қайнау қабаты (АҚҚ) стационарлық қайнау қабатынан тракт бойымен циклонды күлтұтқыштардың түгін газдарының болуымен ерекшеленеді (5.50-сурет). Инертті материалдың кейбір көлемі газдың жылдамдығын қалықтау жылдамдығынан ұлғайтқан кезде қабаттан өте интенсивті шығарылатыны соншалық, оларды қайтару қажет болады. Циклондарда ұсталған материал қабатқа оралады, онда қалдықтарды өңдеу жалғасады.



1-экономайзер; 2-конвективті бу қыздырғыш; 3-циклондар

#### 5.50-сурет. Lomellina (Италия) кәсіпорнында орнатылған тұрмыстық қалдықтарды жағуға арналған АҚҚ бар қазандық [24]

АҚҚ пайдалану арқылы қатты қалдықтарды жағу технологиясы алғаш рет Нидерланды мен Ұлыбританияда сыналды. Германияда жанудың бұл әдісі 17 BimSchV қоршаған ортаны қорғау бойынша заңнамалық нормалары  $0,1 \text{ нг/м}^3$  диоксиндердің шығыс газдарындағы құрамы бөлігінде енгізілгеннен кейін қолданыла бастады. 1995 жылдың тамыз айында тау-кен байыту қалдықтарын жағу үшін қуаттылығы 110 МВт болатын ҚҚТ бар Fosterwheeler қазандығы бар Northampton (АҚШ) ЖЭО өнеркәсіптік пайдалануға енгізілді, ал 1997 жылы өнімділігі жылына 500 000 т/с болатын Чикагодағы (АҚШ) Робинз зауытында ҚҚҚ жағуға арналған АҚҚ қондырғысы енгізілді. Екі реактордың әрқайсысының жүктемесі 25 т/сағ. Жүктелетін материалдың мөлшері 100 мм, жанудың минималды жылуы шамамен 2450 ккал/кг құрайды. Әлемдік нарықта айналымдағы қайнаған қабаттағы қалдықтарды жою технологиялары ұсынылған (Германия, АҚШ).

Қалдықтарды псевдооживление әдісімен жағудың орындылығы осы әдістің артықшылықтары мен кемшіліктерін ескере отырып анықталуы керек. Соңғысының

негізгі артықшылықтарына мыналар жатады: температураны, концентрацияны және басқа параметрлерді жалған сұйылтылған қабаттың көлеміне қарай толықтай теңестіруге әкелетін қатты фазаны қарқынды араластыру; қабаттың шамалы гидравликалық кедергісі; жеткілікті үлкен қалдықтарды пайдалану мүмкіндігі; аппараттардың салыстырмалы түрде қарапайым құрылысы және оларды автоматтандыру мүмкіндігі; реактордың ыстық аймағында жылжымалы бөліктер мен механизмдердің болмауы; қабатқа кальцийді бейтараптандыратын қосылыстарды қосу арқылы галогендердің, күкірт пен фосфордың қышқыл қосылыстарын байланыстыру мүмкіндігі.

Жалған сұйылту әдісінің кемшіліктеріне (стационарлық және айналымдағы қабат үшін) мыналар жатады: қатты фазаның өңделетін бөлшектерінің жалған сұйылтылған қабатында болу уақытының біркелкі еместігі; қатты бөлшектерді жентектеу және жабысу мүмкіндігі (қабаттың қождану мүмкіндігін болғызбау үшін оның температурасы қалдықтар күлінің балқу температурасынан төмен болуы тиіс); газдардың псевдосұйылтылған қабаттан шығуында, әсіресе қалдықтардың әртүрлі гранулометриялық құрамы кезінде қуатты күлтұтқыш құрылғыларды орнату қажеттілігі.

Газдандыру, пиролиз, плазмалық технологиялар ҚКҚ-ны жағудың техникалық және қаржылық өміршең баламасы болып саналады және жағумен салыстырғанда қоршаған ортаны ластамайтын технологиялар ретінде пайдаланылады. Алайда, қазіргі уақытта Еуропада газдандыру немесе пиролиз арқылы ешқандай ірі ҚКҚ қайта өңдеу зауыты жұмыс істемейді, ал Жапония мен АҚШ-тағы бірнеше қондырғылар тек күрделі ҚКҚ қайта өңдеу жүйелерінің біріктірілген элементтері ретінде және тек белгілі бір қалдықтар ағындары үшін жұмыс істейді. Технологиялық процестердің ерекшелігі және пайдалану талаптары, қалдықтардың құрамы мен формасына қойылатын нақты талаптар, сондай-ақ жоғары күрделі шығындар бұл технологияларды үлкен көлемде қолдану қиынға соғады.

**Газдандыру.** Қалдықтарды газдандыру - құрамында органикалық заттар бар қалдықтарды стехиометриялықтан төмен шығынмен тотықтырғышпен, генераторлық газды (синтез-газды) және қатты немесе балқытылған минералды өнімді ала отырып термиялық өңдеу процесі. Өндірілетін газдар, негізінен  $\text{CO}_2$  және су буы, содан кейін  $\text{CO}$  және  $\text{H}_2$  дейін азаяды. Реактордың конструкциясына және процестің жұмыс параметрлеріне байланысты метан мен басқа да көмірсутекті газ компоненттерінің белгілі бір мөлшері пайда болады. Әр түрлі гетерогенді реакциялар кезінде шикізат газдандыру агентінің қатысуымен газға айналады.

Нәтижесінде алынған жанғыш газ құрамында  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , газдандыру агентіндегі инертті газдар, көмірсутектердің іздері және ұсақ жартылай кокс, гудрон және күл бөлшектері сияқты әртүрлі ластағыш заттар болады. Жалпы жағдайда



газдандыру жүйесі үш негізгі компоненттен тұрады: жанғыш газ шығаратын газдандырғыш; жанғыш газдың қауіпті компоненттерін алып тастайтын тазарту жүйесі; энергияны қалпына келтіру жүйесі (5.68-сурет).

Қалдықтарды газдандыру арқылы қайта өңдеу жағу әдісімен салыстырғанда мынадай артықшылықтарға ие: алынатын жанғыш газдарды энергетикалық және технологиялық отын ретінде пайдалануға болады, ал жағу кезінде қалдықтардың жылуын энергетикалық пайдалану (су буын немесе ыстық су алу) іс жүзінде мүмкін болады; алынатын шайырды сұйық отын ретінде және химиялық шикізат ретінде пайдалануға болады; атмосфераға күл мен күкірт қосылыстарының шығарындылары азаяды.

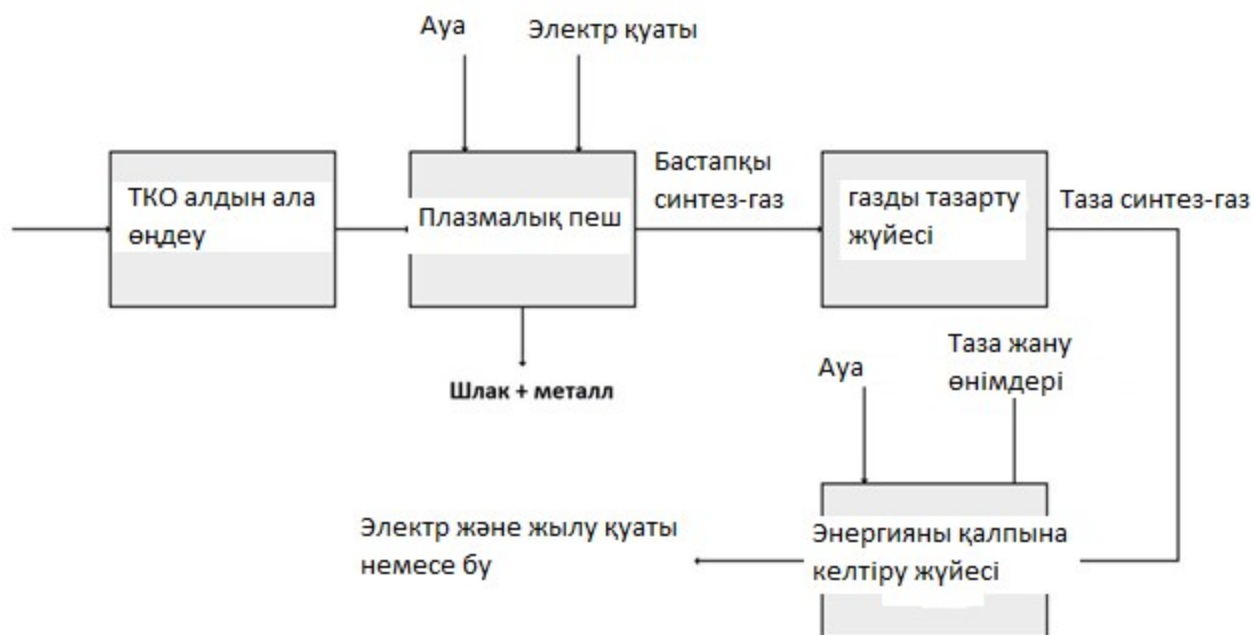
Газдандырудың басты кемшілігі-шайыр, хлоридтер және сульфидтер сияқты қажетсіз қосылыстар синтез газында пайда болады, бұл ҚКҚ алдын-ала сұрыптауды қажет етеді.



5.51-сурет. ҚКҚ кәдімгі газдандыру процесінің блок-схемасы

Плазмалық энергия көздерін қолдана отырып газдандыру технологиясы газдандырғыштың қабырғаларына плазмалық жанарғылар орнатылғанын болжайды. Плазма шығаратын жылу күлді ерітуі мүмкін, өйткені пештің температурасы 3000 ыС немесе одан жоғары, алайда электр энергиясын көп тұтыну бұл технологияның кемшілігі болып табылады. Газдандыру процесінде алынған синтез-газды отын газы ретінде пайдалануға болады. Алайда, бұл технология әлемде кең таралған емес. Синтездік газдан басқа, плазмалық газдандырудың соңғы өнімі құрылыс индустриясында қолдануға болатын инертті шыны тәрізді материал болып табылатын қож болып табылады. Жоғары жұмыс температурасы барлық шайырларды, жартылай кокстарды және диоксиндерді жоюға мүмкіндік береді. Осылайша реактордан шығатын газдар әдеттегі жану процесіне қарағанда әлдеқайда таза, ал реактордың түбінде күл жоқ.

Алайда, газдандыруға түсетін ҚКҚ қосымша өңдеу, ұсақтау қажет, ал егер қалдықтарда, мысалы, ылғалдың жоғары пайызы болса, оларды қосымша кептіру керек. Плазмалық энергия көздерін пайдаланатын ҚКҚ газдандыру схемасы 5.69-суретте көрсетілген.

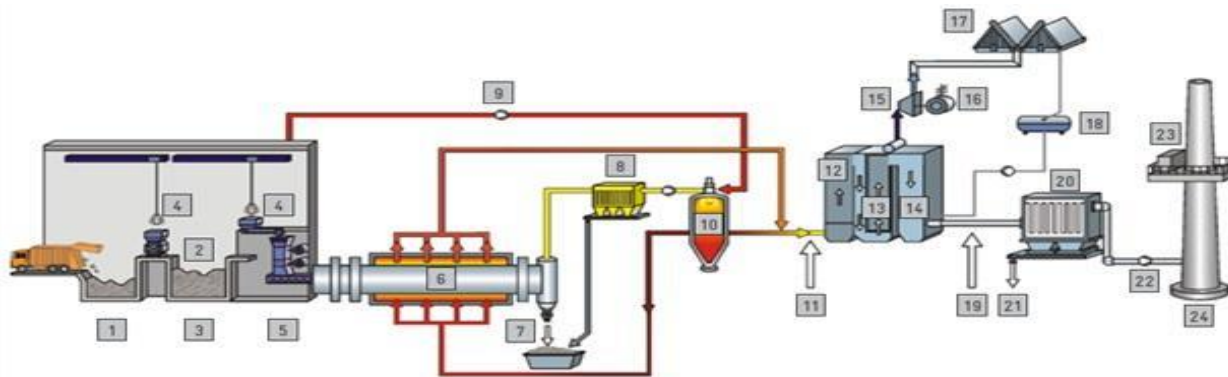


5.52-сурет. Плазмалық энергия көздерін қолдана отырып, ҚКҚ газдандырудың блок-схемасы

**Пиролиз** - инертті атмосферада жоғары температурада (300-1300 аС) жүретін эндотермиялық реакциямен сипатталатын оттегісіз ортада ҚКҚ термиялық өңдеу әдісі. Процестің соңғы өнімдері пиролиз газы болып табылады, оның жану жылуы әдетте 5-тен 15 МДж/М<sup>3</sup>-ке дейін, пиролизтік сұйықтық және жағымсыз қалдық ретінде күлі бар қатты кокс. Қалдықтарды пиролиздеу әдісі: пирогаз, пиролиз майы және қатты қалдық алу үшін реактордағы дайындалған қалдықтарды термодеструкциялау; сұйық фракция мен пирогаз алу үшін газ фракциясын конденсациялау және сепарациялау; пирогазды хлор, фтор, күкірт, цианид қосылыстарынан оның экологиялық көрсеткіштері мен энергия сыйымдылығын арттыру мақсатында тазарту; бу, ыстық су немесе электр энергиясын алу үшін кәдеге жарату қазандығының оттығында тазартылған пирогазды жинау және жағу немесе пирогазды өнім өндіру үшін пайдалану; пиролиз майы мен қатты қалдықты жинау (5.67-сурет).

ҚКҚ-ны пиролиз процесі арқылы энергияға айналдыру кезінде көптеген кемшіліктер байқалады, мысалы, HCl, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, yOx, NOx және иістерден тұратын шығатын газдардың шығарылуына байланысты ауаның ластануы. Осы проблемаларды азайту үшін пиролиз қондырғылары газдар мен сұйықтықтардың сапасын жақсартатын қалдық газдар мен басқа да өнімдер мен қалдықтарды тазарту жүйелерімен қамтамасыз етілуі керек, осылайша ҚКҚ өңдеу процесін экологиялық тұрғыдан қолайлы етеді.





1-Өңделмеген қалдықтарға арналған бункер; 2-Роторлық майдалағыш; 3-Ұсақталған қалдықтарға арналған бункер; 4-Грейферлі кран; 5-қалдықтарды беру жүйесі; 6-Пиролиздік реактор; 7-Тиеу жүйесі; 8-Ыстық газға арналған сүзгі; 9- Жағуға арналған газды беру; 10-Жану камерасы; 11-СКЕК; 12-Буландырғыш; 13-Бу қыздырғыш; 14-Экономайзер; 15-Турбина; 16-Генератор; 18-Конденсатор; 18-Қоректік су бағы; 19-Бункер-дозатор; 20-Жеңдік сүзгі; 21-Шаңды сүзгіден жою; 22-сыртқа тарту желдеткіші; 23-Шығарындылар мониторингі жүйесі; 24-Түтін құбыры

5.53-сурет. Пиролиз көмегімен ҚКҚ-ны энергияға термиялық қайта өңдеу бойынша кәсіпорынның схемасы

Айналмалы пешті қолданатын пиролиз қондырғыларын негізінен жапон компаниялары жасайды. Жапонияда жұмыс істеп тұрған 24 желісі бар он екі зауыт қазіргі уақытта пайдаланылып отыр. ҚКҚ-ны қайта өңдеудің жалпы қуаты күніне 2500 тоннаны құрайды.

**Ірі отын жағатын энергетикалық қондырғылар үшін газдандыру мен пиролиздің қолданылуын бағалау.** Пиролиз үшін де, газдандыру үшін де гетерогенді құрамына байланысты аралас ҚКҚ-мен үлкен көлемде өңдеудің сәтті тәжірибесі жоқ. Пиролиз тек медициналық қалдықтар сияқты белгілі бір ағындарды өңдеудің нұсқасы болуы мүмкін. Газдандыру және пиролиз қалдықтарды алдын-ала ұнтақтауды қажет етеді. Олардың энергия тиімділігі, әдетте, жану қондырғыларына қарағанда төмен және олардың пайдалану шығындары жоғары.

Пиролиз және газдандыруды қарапайым, автономды технологиялар деп санауға болмайды, өйткені олар тек жалпы ҚКҚ басқару жүйесінің құрамдас бөлігі бола алады. Мұндай қондырғыларды басқару сонымен қатар кіретін қалдықтардың құрамын және арнайы технологиялық білімді жақсы түсінуді қажет етеді. Пиролиз немесе газдандыру қондырғысының үздіксіз жұмыс істеуі үшін жоғары білікті мамандар қажет екенін тәжірибе көрсетіп отыр.

ҚКҚ термиялық өңдеудің әртүрлі технологияларының өнімділік масштабына келетін болсақ, олар әдетте келесідей: тікелей жану қағидаты бойынша жұмыс істейтін қондырғылар күніне шамамен 1500 тонна қалдықтарды өңдей алады, ал пиролиз және

газдандыру арқылы күніне 10-нан 100 тоннаға дейін қалдықтар. Өндіріс орындары құрылымдардың мөлшеріне байланысты екені анық, алайда бұл сандар қазіргі уақытта әлемдегі қондырғылардың қазіргі өнімділігі туралы түсінік береді.

Сондай-ақ, пиролиз және газдандыру ҚКҚ аралас фракциялары үшін пилоттық жобалардан (тіпті дамыған елдерде) ешқашан шықпағанын атап өткен жөн. Газдандырудың жалпы шығындары желтартқыш торда да, қайнаған қабатта да жағу шығындарынан әлдеқайда жоғары.

Газдандыру жоғары шығындарды талап етеді, ал плазмалық реакторлардағы шығындар тұтынылатын электр энергиясының көптігіне, сондай-ақ газды одан әрі тазарту үшін қажет суға байланысты өте жоғары. Сонымен қатар, плазмалық газдандыру және синтез-газ алу әдісін қолдану тазарту процестерінің қажеттілігімен байланысты, бұл осы технологияны айтарлықтай қымбаттатады.

Егер ҚКҚ-ның калориялық мәні төмен болса, онда оларды тиімді өңдеуді жүзеге асыру үшін қолдану жылжымалы тормен жағу ҚКҚ-ны термиялық өңдеудің ең тиімді әдісі болып табылады.

Қалдықтарды басқару жүйесі жеткілікті дамымаған және ҚКҚ-ны жою туралы қазіргі заманғы идеяларға жауап бермейтін Қазақстан үшін жоғары пайдалану және инвестициялық шығындарды талап ететін пиролиз және газдандыру сияқты жеткіліксіз тексерілген және сенімді технологияларға негізделген жобаларды іске асыру, сондай-ақ ҚКҚ-да сирек кездесетін фракциялардың жекелеген түрлері үшін технологиялармен эксперименттер ұтымды болып табылмайды.

Жану және газдандыру кезінде пайда болатын қалдықтардың мөлшері мен түрі де әртүрлі. Бұл жағдайда газдандыру процесі, әрине, пайдалы фракцияларды алуға мүмкіндік береді, оларды кейіннен бөліп алуға және өңдеуге жіберуге болады. Плазмалық әдіс, мысалы, синтез-газды тазарту процесінде өндірістің кейбір түрлерінде қолдануға болатын кейбір химиялық заттарды алуға мүмкіндік береді, соның арқасында мұндай қондырғыдағы соңғы қалдықтар көлемі жағынан өте аз болады. Осылайша алынған өнімдер кәсіпорын үшін тиімді түрде сатылуы керек, бұл плазмалық технологияның жалпы шығынымен қиындауы мүмкін.

## **5.6. Энергия тиімділігін арттыратын ықтимал техникалар**

КЭС, ЖЭО, ГТҚ және БГҚ жұмысының негізіндегі термодинамикалық циклдерді талдау тиімділікке салқындатқыштың бастапқы және соңғы параметрлері әсер ететіндігін көрсетеді. Ренкиннің бу турбиналық циклдері үшін бастапқы будың температурасы неғұрлым жоғары болса, термиялық ПӘК соғұрлым жоғары болады. Будың бастапқы параметрлерін таңдау осындай жағдайларда жұмыс істей алатын материалдардың күрделі шығындарымен байланысты. Көбінесе ПӘК-ке салқындату ортасының температурасына байланысты соңғы температура әсер етеді. Егер будың бастапқы параметрлері таңдалса, онда жұмыс кезінде олар іс жүзінде өзгермейді, ал

конденсатордағы қысым салқындату жағдайларына байланысты өзгеруі мүмкін, қыста салқындату ортасының температурасы жазғы кезеңге қарағанда төмен, сәйкесінше конденсатордағы вакуум өзгереді. Вакуум неғұрлым терең болса, конденсатордағы қысым аз болса, турбинада жылу ағыны соғұрлым көп болады, сондықтан циклдің термиялық ПӘК-і жоғарырақ болады. Бұды өнеркәсіптік қатты қыздырудың болуы термиялық ПӘК ұлғайтады, бірақ қондырғының жылу схемасын қиындатады. Аралық қатты қыздыру 300 МВт және одан жоғары блоктардағы ШАҚ параметрлерінде қолданылады. 13,8 Мпа параметрлері 200 МВт блоктарда қолданылады. 200 МВт-тан аз қондырғыларда өнеркәсіптік қатты қыздыруды қолдануға болмайды.

Электр және жылу энергиясын аралас өндіретін қондырғылар үшін электр тиімділігі жылу жүктемесіне байланысты. 100 % жылумен қамтамасыз ету кезіндегі электрлік ПӘК газды жағу кезінде 80 %-дан асады. Мұндай аралас өндіріс схемасына салқындатқыш судың шығыны мен конденсациялық турбиналармен жылу желісін толтыру шығыны тең болған кезде немесе жылу энергиясын тұтынушыларға қысымға қарсы турбиналардан бу жіберілген жағдайда қол жеткізуге болады. Өкінішке орай, бұрын мұндай ЖЭО көп болған, бірақ өндірістік бұды тұтынудың төмендеуіне байланысты қазір бірнешеуі ғана қалды. Негізінен жылытқыш типтегі ЖЭО қалды, яғни олар қыста жұмыс істейді, ал жазғы режимде конденсация режимі басым. Аралас өндірістің күрделілігіне қарамастан, тиімділікті арттыруға арналған технологиялық шешімдер бар.

**Жер үсті ТҚЖ араластыру түріне ауыстыру арқылы конденсация блоктарын қалпына келтіру схемасын оңтайландыру.** Тәжірибемізде конденсаттық сорғылардың санын азайту үшін бірінші ТҚЖ екінші ТҚЖ-дағы қысымнан артатын белгіге орнатылатын Парсонстың ТҚЖ гравитациялық схемасы белгілі.



5.54-сурет. Араластырғыш типті ТҚЖ қосатын Парсонс гравитациялық схемасы Қыздыру бетінің болмауына байланысты негізгі конденсаттың температурасы қанықтыру температурасына дейін қызуы мүмкін, яғни 5 градусқа дейінгі қыздырмау

өлшеміне жол берілмейді. Негізгі конденсат температурасының жоғарылауы қалпына келтіру циклінің ПӘК арттырады. Бұл схеманы қолданудың жалғыз шарты - электр графигінің негізгі бөлігіндегі жұмыс, турбинаның ағынды бөлігіне немесе екінші ТҚЖ-дан (төменгі) бірінші ТҚЖ-ға (жоғарғы) су құйылып кетпеуі үшін регенеративті таңдау параметрлері ауытқымауы тиіс. Отынды жылдық үнемдеу 6,7 мың т көмірді немесе бір блокқа 27 млн теңгені құрайды. Екі ТҚЖ және бір конденсатты сорғының құны шамамен 60 мың АҚШ долларын құрайды. 430 теңге/\$ айырбастау бағамын және монтаждауға жұмсалған шығындардың 60 %-ын ескере отырып, өтелу мерзімі шамамен 1,5 жыл, бұл технологияны мақсатқа сай етеді. 500 МВт 10 блок үшін отынның жалпы үнемделуі 67 мыңды құрайды.

### **Конденсациялық блоктардың жұмыс режимдерін оңтайландыру**

Ірі конденсациялық блоктар диспетчерлік кесте бойынша жұмыс істейді. Электр жүктемелерінің белгіленген графигі аясында отын шығыны минималды болуы үшін бағдарламалық жасақтаманы қолдана отырып, жүктемені параллель жұмыс істейтін блоктар арасында бөлуге болады. Резервті қолдау үшін әртүрлі ЭС бірнеше кіші турбиналарға қарағанда, жүйеде 500 МВт блокты 150-170 МВт толық жүткелмеген күйде ұстау қолайлы. Бірақ блоктың жүктелмеген режимде жұмыс істеуі отын шығынын арттырады, ластағыш заттардың шығарындыларын арттырады. Ірі блоктар ASUTP-мен жабдықталған, бірақ жалпы станция бойынша оңтайландырылмайды. КЭС жұмысының режимдерін оңтайландыру үшін бағдарламалық модуль әзірлеу отын шығынын барынша азайтуға және модульге шамамен 200 млн теңге шығындар кезінде отын шығынын 5-тен 7 %-ға дейін немесе ақшалай мәнде 1 млрд теңгеден астам үнемдеуге мүмкіндік береді. Қазақстан Республикасында 500 МВт 10 блокты, 300 МВт - 8 блокты және 200 МВт-9 блокты ескерсек, отынның күтілетін жиынтық үнемделуі (5 %) 690 мыңды құрайды.

### **Аралас өндіріс қондырғыларының жұмыс режимдерін оңтайландыру**

Жылыту маусымы кезеңінде негізгі жабдықты жүктеу режимдік карталар негізінде қолмен жүргізіледі. Кейбір ЖЭО-да ТПАБЖ болған кезде «ПТ» және «Т» типті немесе басқа типті турбиналар арасында жылу жүктемесін оңтайландыру бойынша модуль жоқ. Түрлі типтегі турбиналар арасында жылу жүктемесін оңтайлы қайта бөлу жылу беру маусымында отынның жылдық шығынынан 1 %-ға дейінгі мөлшерде отын үнемдеуге мүмкіндік беретіні белгілі, бұл экологиялық төлемдерді үнемдеуден және электр энергиясын қосымша өндіруден жиынтығында бағдарламалық модульге 200 млн теңгеге жуық шығындар кезінде шамамен 300 млн теңгеден астам экономикалық тиімділікті құрайды. Қазақстан Республикасында 11 ірі ЖЭО (отын шығыны мұнда 1 млн астам) бар екенін ескерсек, отынның жиынтық үнемделуі мұнда 1690 мыңға жетуі мүмкін.

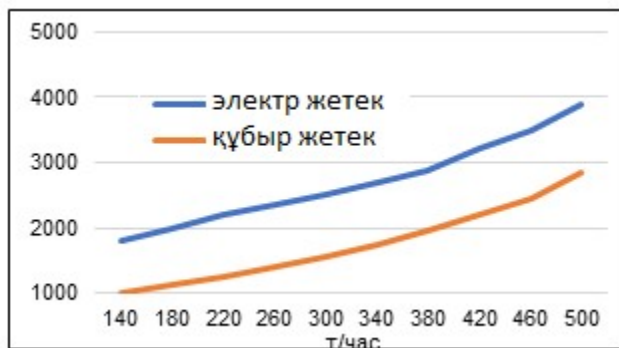
**Т-120-130 ОТЗ турбиналарын теплофикациялық іріктеудің төмен қысымын пайдалану**

Соңғы жылдары Қазақстан Республикасының барлық қалаларындағы жылу желісінің температуралық кестесі тікелей магистральда 130-95 градусқа белгіленіп, түзетілді, Қазақстан Республикасының барлық аумағында қыстың жылы болатынын ескере отырып, жоғарғы ПСГ-дан шығатын желілік судың нақты температурасы 90 °С жоғары емес, ал төменгі ПСГ алдындағы желілік судың температурасы шамамен 50 °С, бұл жағдайда төменгі ПСГ-дағы қысым 0,15 МПа деңгейінде сақталады. Мұндай температурада төменгі ПСГ-да қысымды 0,06 МПа ұстауға болады (өндіруші 0,05 МПа рұқсат етеді). Төменгі жылу таңдаудағы қысымның төмендеуі 0,93 МВт мөлшерінде қосымша қуат береді, егер жылу беру кезеңінде турбинаның жоғары қысымдағы жұмыс уақыты тек 120 күн болса, онда қосымша өндіріс бір турбинаға 13 миллион кВт/сағ құрайды. Осы типтегі 11 турбинаның тек екеуі оңтүстікте орналасқан. 9 турбина қандай да бір шығынсыз 120 млн кВтс астам қосымша электр энергиясын өндіре алады.

#### **Толықтырушы сорғылардың электр жетегін бу турбинасына ауыстыру**

Е-420 (500)-140 үлгісіндегі ірі ЖЭО-да ПЭ-500-180 және ПЭ-580-185 үлгісіндегі ҚЭС орнатылған. Әрбір тұтынушы бір жылда шамамен 20 млн кВтс электр энергиясын тұтынады. Мұндай сорғылардың 5-9 екенін ескерсек, электр энергиясын жиынтық тұтыну 100-180 млнкВтсағ, орташа тариф 8 теңге/кВтсағ, жоғалған түсім 800-ден 1440 млн теңгеге дейін құрауы мүмкін.

Ресей Федерациясында 11-ден астам ЖЭО толықтырушы сорғылардың жетектерін осылай алмастырды.

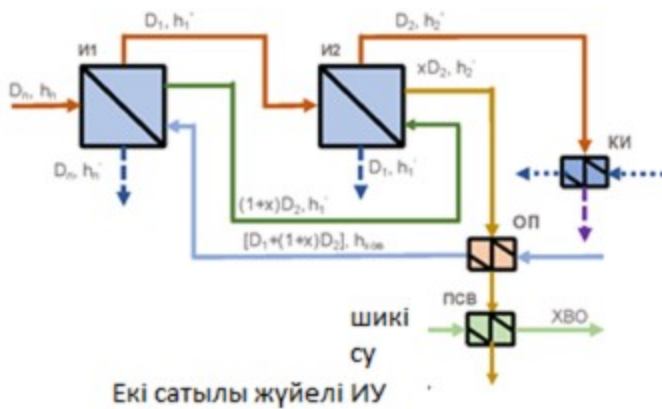


5.55-сурет. Жетек қуатын (кВт) қоректік су шығынына байланысты өзгеруі

Қазақстанда тек бір ғана станция ауыстырып жатыр. Жетектік турбина ретінде қарсықысымдық Р-3,7-1,4/0,15 типті қондырғы таңдап алынды, өндірістік іріктеу коллекторынан жұмыс буы 1,3-1,6 МПа, ал жылу коллекторына пайдаланылған будың шығуы 0,12-0,25 МПа құрайды. Гидрожалғастырғышқа немесе жиілік түрлендіргішіне қарағанда, турбожетектің толықтырушы сорғының өндірімділігін реттеу сипаттамасы жетілдірілген. Бір жетекті ауыстыруға жұмсалатын шығындар-1,35 млн АҚШ доллары. Өтелімділік мерзімі - 3,6 жыл. 7 ірі ЖЭО-да өнімділігі 500-580 т/сағ 40-тан астам ЖЭС орнатылған, егер электр жетегін турбинамен 10-ға ауыстырса, электр энергиясын жалпы үнемдеу 1 млрд кВтс-тан астам болуы мүмкін.

## Суды дайындау үшін буландырғыш қондырғыны пайдалану

Көптеген ЭҚ суды дайындаудың ион алмасу технологиясын пайдаланады, бұл ретте Қазақстан Республикасында өндірілмейтін және импорттық өнім болып табылатын ион алмасу шайырлары жұмсалады.

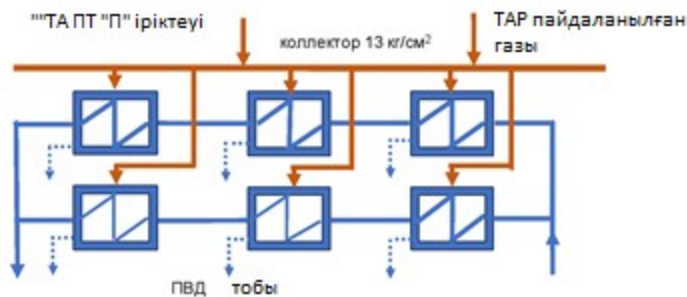


5.56-сурет. Екі сатылы реттік буландырғыш қондырғының схемасы

Кейбір ЖЭС-те кері осмос технологиясы қолданылады, оған қызмет көрсету құны қымбат. Ұсынылған технология үш ЖЭС-те қолданылады. Реагенттер мен кері осмос катриджінің шығындарын талап етпейді. Бастапқы су алдын-ала механикалық тазартудан және үрлеу салқындатқышында қыздырылғаннан кейін I сатының екінші тізбегіне құйылады, содан кейін үрлеу түрінде екінші сатының екінші тізбегіне құйылады, онда қыздыру ортасы I сатының екінші буы болып табылады. II сатыдан үрлеу суы ОП және ЖСЖ арқылы ГКШ каналына ағызылады. Жылыту ортасы ретінде өндірістік іріктеу жұптары қолданылады, олардың жүктемесі тұтынушылардың болмауына байланысты азаяды. Мысалы: параметрлері  $140 \text{ КГ/см}^2$  болатын ЖЭО-да, негізгі циклдің қоректену мөлшері  $200 \text{ т/сағ}$ , тізбекті схемасы бар екі сатылы буландыратын қондырғы қолданылады. Жылыту буының мөлшері  $100 \text{ т/сағ}$ . Екі буландырғыш қондырғының құны 2 млрд теңгеге жуық. Экономикалық тиімділік реагенттерге жұмсалатын шығындарды 800 млн теңге үнемдеу және 7 теңге/кВтс тарифі бойынша 200 млн кВтс өндірістік іріктеулер буымен электр энергиясын қосымша өндіруді өткізуден түсетін қосымша түсім есебінен қалыптасады, барлығы 2,2 млрд теңге. Өтелімділік мерзімі - 1 жылдан аз. 5 ЖЭО-ға БҚ орнатқан кезде электр энергиясының қосымша жиынтық өндірісі 800 млнкВтс құрауы және реагенттерге жұмсалатын шығындарды үнемдеу шамамен 3 млрд теңгені құрауы мүмкін.

**ЖҚЖ-ны 0,1-1,5 МПа жалпы станциялық коллектордан жұмыс істеуге ауыстыру** «ПТ» және «Р» типті турбиналары бар кейбір ЖЭО-да өндірістік іріктеулердің бу тұтынуының төмендеуіне байланысты жүктеме азаяды немесе тіпті ТЕҚТап қалады, бұл ретте барлық туындайтын салдарларға қоса жылу үнемділігі төмендейді. ЖҚЖ жұмысын 1,0-1,5 МПа жалпы станциялық коллектордан істеуге ауыстыру ұсынылады.





5.57-сурет. ЖҚЖ қосудың топтық схемасы

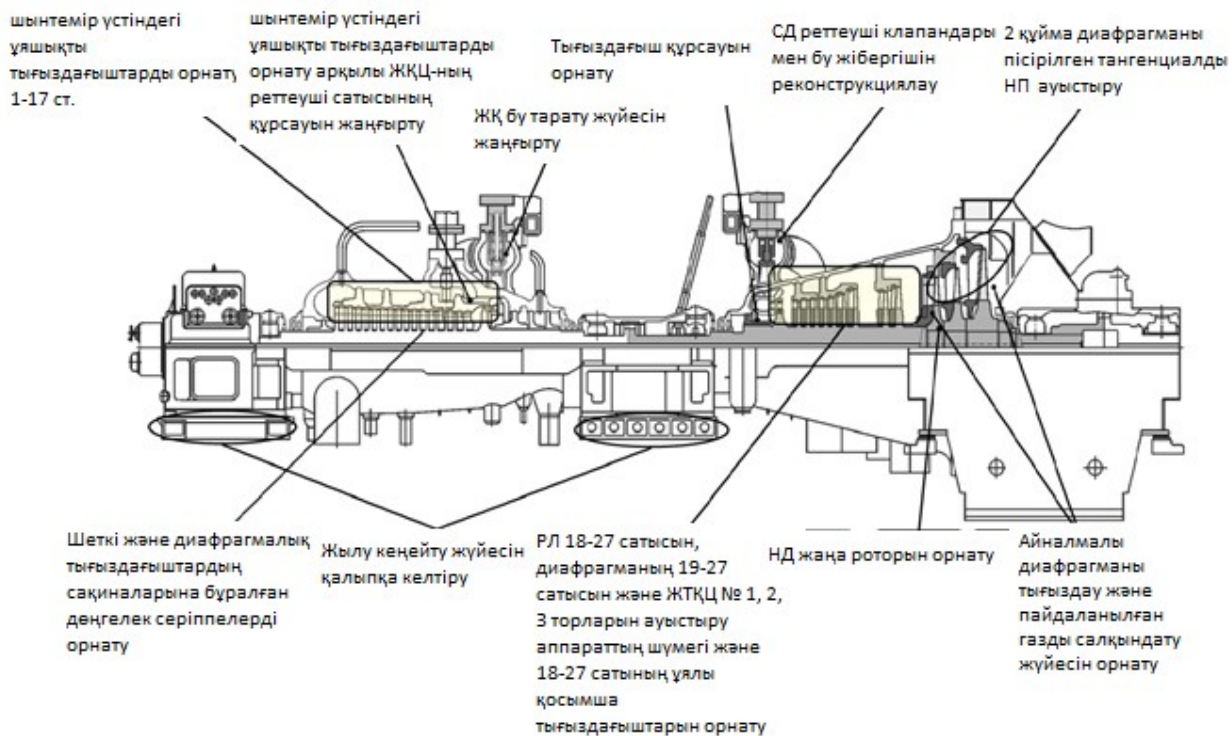
Бұл жағдайда жабдықтың құрамына байланысты қоректік судың температурасы 215-230 °С-тан 180-190 °С-қа дейін төмендейді, бұл отынның артық тұтынылуына әкеледі, екінші жағынан, «П» шығуларын жүктеу және «Р» типті қарсы қысымды қолдану арқылы электр энергиясын өндіру артады. Мысал үшін: ТА ПТ-65/75-130/13 немесе ПТ-80/100-130/13 және Р-50-130/13 бар ЖЭО қосымша 200 млнкВтс электр энергиясын өндіре алады, бұл ретте отын шығыны 60 мың теңгеге немесе 350 млн теңгеге ұлғаяды, 7 теңге/кВтс тарифін ескере отырып, экономикалық тиімділік (1400 - 350) 1 050 млн теңгені құрайды. 4 ЖЭО-да осындай схеманы енгізген кезде электр энергиясын жиынтық өндіру көлемі 700 млнкВтс құрауы мүмкін, мұнда отын шығыны 200 мыңға артады.

#### Қуатты ұлғайта отырып жабдықтарды реконструкциялау және жаңғырту

##### 1-техника. К-500-240 турбиналарын қуаты 525-530 МВт-қа дейін ұлғайта отырып реконструкциялау

ЕМАЭС-1 жұмыс істеп тұрған 8 блогының екі блогы (№ 2 және № 8) қуатын 525 МВт дейін ұлғайта отырып, қалпына келтірілді. № 1 блок қалпына келтіру сатысында. Қалған блоктарда реконструкцияны бу тарату мен реактивтілік дәрежесін өзгертіп, қуатын жоғарылатып және ағын бөлігінің үнемділігін жақсартып отырып, дәл сол габаритте орындауға болады. Турбиналарды кезең-кезеңмен реконструкциялау ШОМШ-ны азайтуға мүмкіндік береді. К-500-240 5 турбинасын реконструкциялау кезінде электр энергиясының жиынтық өндірісі 700-800 млнкВтсқа артуы мүмкін.

**2-техника. ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ турбинасын реконструкциялау.** БЖИ қуатын 110 МВт-қа дейін және жылу қуатын 168 Гкал/сағ-қа дейін арттыра отырып, ТА реконструкциялаудың типтік жобасын жасады.



5.58-сурет. ПТ-80-130/13 реконструкциялау схемасы

Реконструкциялау кезінде орташа қысымның ағынды бөлігі әзірленген жаңа ТҚ роторына ауыстырылады, бұл ОҚБ өткізу қабілетін 383 т/сағ дейін арттырады. Турбинаға бу шығыны 470 т/с болған кезде, қуаты 100 МВт, өндірістік іріктеу 60 т/с, теплофикациялық іріктеу 130 Гкал/с, жылу схемасын өзгертпей электр энергиясын қосымша өндіру 150 млнкВтс болады. Реконструкциялауға жұмсалатын шығындар - бір ТА-ға 20 млн АҚШ доллары. Өтелімділік мерзімі шамамен 8 жыл. Қазақстан Республикасындағы 10 турбинаның 8-ін реконструкциялаған кезде электр энергиясының жиынтық өндірісі 1 млрдкВтсағ артуы мүмкін.

**3-техника. Т-100/110-130 типті ТА қуатын 125-130 МВт дейін ұлғайта отырып реконструкциялау.** Мұндай реконструкциялау «Павлодарэнерго» АҚ ЖЭО-3-те жүргізілді. ЖҚЦ корпусын сол қалпында сақтай отырып, өткізу қабілетін 505/530 т/сағ дейін ұлғайтып және жылуландыру іріктеулерін 188-197 Гкал/сағ дейін ұлғайта отырып су жүретін бөлігі ауыстырылады. Құрсау үстіндегі тығыздағышты ұяшықты тығыздағышқа және бір салалы реттеуші сатыны бір салалы реттеуші сатыға ауыстыру арқылы су жүретін бөліктің ПҚ 3,5-6 % ұлғайту.

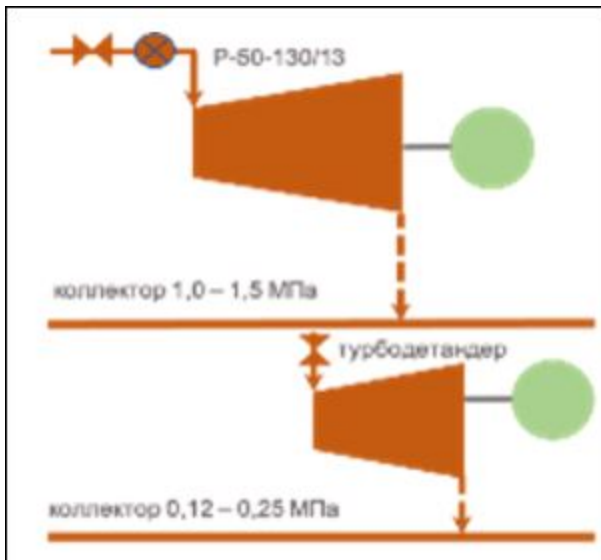




5.57-сурет. Т-100-130 реконструкциялау схемасы

Бір ТА-ға 170 млнкВтс артық электр энергиясын қосымша өндіру. Отын шығынын 9 мыңға қысқарту, экономикалық тиімділік шамамен 1,2 млрдтеңгені құрайды. Қайта құруға жұмсалатын шығындар шамамен 25 млн АҚШ долларын құрайды, өтелімділік мерзімі 8,6 жылды құрайды. Қалған реконструкцияланбаған 9 турбинаның 7-еуін реконструкциялаған кезде электр энергиясының жалпы өндірісі 1 млрд кВтсағ артуы мүмкін.

**4-техника. Қарсы қысымды 0,35 МПа дейін төмендете отырып, Р-50-130/13 турбинасын жаңғырту.** Өндірістік буды тұтынудың төмендеуіне байланысты қысымға қарсы турбиналар жүктемені азайтуға, кейде тоқтап қалуға мәжбүр. ЕҚТИ-да 0,12-0,25 МПа жылу коллекторына қосылу үшін қысымды төмендете отырып, осындай турбиналарды жаңғыртудың үлгілік схемасы әзірленді.



## 5.60-сурет. Турбодетандерді қосу схемасы

Мұндай жаңғырту желілік суды жылытуға «Р» типті турбиналарды іске қосуға мүмкіндік береді, осылайша жылу тұтыну негізінде үлестік өндіруді арттырады. Жылу жүктемесі 180 Гкал/сағ дейін ұлғайтылуы мүмкін. Бір турбинаны қайта жанартуға жұмсалатын шығындар шамамен 2,5 млн АҚШ доллары. Өтелімділік мерзімі 1 жыл ( жылу жүктемелерінің құрылымына байланысты). Бастапқы схемаға қайтару қажет болған кезде қалпына келтіру реттеу жүйесін және схемалық қайта қосуды қайта баптау үшін қысқа мерзімде жүргізіледі. Қазақстан Республикасында 1,0-1,3 МПа қысыммен 25-тен 50 МВт-қа дейінгі қысымға қарсы 9 турбина бар. 4-5 турбинаны реконструкциялауға болар еді.

Қысымды қолданудың тағы бір әдісі бар: турбодетандер орнату. Осындай турбодетандер қондырғысы «пайдаланылған бу» турбинасымен салыстыруға келетін орын және елеулі капитал салымын талап етеді.

### **5-техника. ЕҚТ 62м. К-17-0,16 ОТЗ «пайдаланылған бу» турбиналарын жылуландыру іріктемелерін жүктеу үшін орнату**

Жылуландыру турбиналарын жазғы кезеңде жүктеменің азаюына байланысты конденсациялық режимге көшуге немесе резервке немесе жөндеуге шығаруға мәжбүр болады.



## 5.61-сурет. «Пайдаланылған» бу турбинасын қосу схемасы

«ССТБӨБ» АҚ ЖЭО-да 1,2 КГ/см<sup>2</sup> бұды пайдалану үшін К-17-0,16 УЗ үлгісіндегі « пайдаланылған бу» екі турбинасы орнатылды. Жазғы кезеңде «пайдаланылған бұдың» екі ТА жұмыс істеген кезде, 3900 сағат, шиналардан электр энергиясын қосымша босату негізгі ТА-ны есепке алмағанда, 115 млн кВтс құрауы мүмкін, бұл өткізу кезінде 800 млнтеңге түсім әкеледі. Конденсациялық режиммен салыстырғанда отын үнемдеу 140 мың теңгені немесе 770 млнтеңгені құрауы мүмкін, қорытынды экономикалық тиімділік 1500 млн теңгені құрайды, өтелімділік мерзімі 7 жыл. 18 турбинадан « пайдаланылған бұдың» 10 турбинасын орнату кезінде электр энергиясының жиынтық қосымша өндірісі шамамен 1 млрдкВтс құрауы мүмкін.

## **6-техника. Отынды жаққан кезде көмірдің ультрамайда үгіндісін қолдану және көміртозанды қазанның жануын тұрақтандыру**

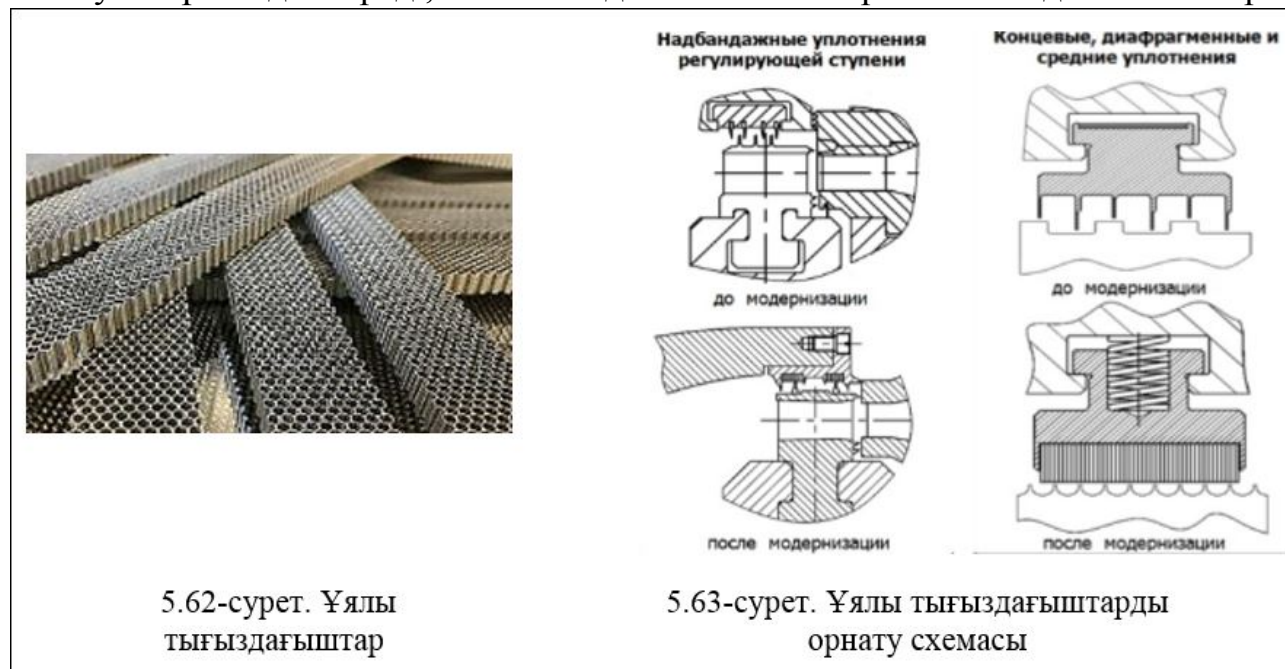
ҚА тамызық отынның, әдетте мазуттың көмегімен жағылады. Жағу саны жұмыс режиміне, жабдықтың техникалық жай-күйіне байланысты он реттен көп болады және Қазақстан Республикасы бойынша жалпы мазут шығыстары жылына шамамен 240 мың тоннаны құрайды. Соңғы бес жылда мазут құны екі есеге дерлік артып, 89 мың теңге/т құрағанын ескерсек, мазутқа жұмсалатын жалпы шығындар жылына 20 млрд теңгеден асады. ЕМАЭС-2-де Екібастұз көмірін ультрамайда үгіту технологиясы сынақтан өткізілді (20 мкм-ден кем). Ультрамайда үгітуді екі жолмен қамтамасыз етуге болады:

қосымша ұсақтау диірменін орнату;  
көмір шаңымен бітелуді болдырмайтын сепаратор жармаларын тығыздау жүйесін орната отырып, қолда бар диірмендерді реконструкциялау.

Мазутты үнемдеу шығыны 10-20 құрауы мүмкін, мұның өзі 3 мың т. мазут шығыны кезінде 450 тоннаны құрауы немесе 40 млн теңге мазутқа жұмсалатын шығынды үнемдеуі мүмкін, өнімділігі 10 т/сағат ультрамайда үгіту диірменінің 50 млн теңге шығынын ескере отырып, өтелімділік мерзімі 1 жыл және 3 айды құрайды, ал механикалық толық жақпаудың азайтылатынын ескере отырып, өтелімділік мерзімі бір жылдан кем болуы мүмкін. Мұнда мазуттың жалпы шығыны 344 мыңнан асады, тіпті 10 %-ын үнемдеу 34 мың үнемдеуге мүмкіндік береді.

## **7-техника. Ұялы тығыздағыштарды қолдана отырып, бу турбиналарының ағынды бөлігін жаңарту**

Ұялы тығыздағыштар радиал саңылауды минималды мүмкін мәндерге дейін азайтуға мүмкіндік береді, нәтижесінде ішкі салыстырмалы тиімділік 3-4 % артады.



Дәнекерленген ұялы тығыздағыштар 0,9-2,5 мм ұяшықтары бар қалыңдығы 0,05 мм хром, никель, алюминий, титан, мыстың ыстыққа төзімді қорытпаларының

фольгасынан жасалады. Ресейдегі жалғыз өндіруші - «Ротек» АҚ, оның құрамына ОТЗ кіреді. Өндіру мерзімі - 3 ай, монтаждау мерзімі-1,5 ай. Тығыздағыштардың пайдаланылу мерзімі - 10 жыл. Т-100-130 типінің ішкі салыстырмалы ПӘК-ін 2,5 %-ға ұлғайту, пайдалы жылу ауысымының 4,5 %-ға өсуі. Мұнда 2000-ға отын шығынын азайту. 17,2 млн теңге шығын кезінде (бір турбинаға шентемір тығыздағышқа үстеме тығыздауға 200 м ұялы таспа және монтажбен бірге жалпы құны 100 \$/м болатын шеткі таспаға 200 м қажет), өтелімділік мерзімі 1,56 жылды құрайды. Қуаты аз турбиналар үшін өтелімділік мерзімі сәйкесінше аз болады. 63 турбинаның ішінен (қуаты 50 МВт және одан жоғары) 25 турбинадағы тығыздағыштарды ауыстыру кезінде отын шығынының жиынтық азаюы 25 мыңды құрайды.

### **8-техника. Гидрофобты жабындар есебінен ортадан тепкіш сорғылар жұмысының тиімділігін арттыру**

Сорғылар ЖЭО өндіретін электр энергиясының 5-10 % тұтынады. Доңғалақтардың бетін гидрофобты пленкамен жабу сорғылардың жұмысын жақсартады. Ең қолайлы материал-барлық дерлік агрессивті заттарға химиялық төзімділігі бар фторопласт-4D суспензиясы. Жабын материалын таңдау кезінде келесі өлшемшарттар ескерілуі керек: адгезия, беткейді дайындау әдісіне байланысты, материалдың беткейге жабысу сапасына әсер етеді;

ыстыққа төзімді, құрғақ және дымқыл. Ол полимерлі жабын ыдырайтын температурамен анықталады, ылғалсыз құрғақ, сұйықтыққа батырылған кезде дымқыл болады;

жылу деформациясының температурасы, онда жабын материалы жұмсара бастайды, температура жылу деформациясынан төмен түссе, материал қаттылығын қалпына келтіреді және бастапқы қалпына келеді;

абразияға төзімділік, абразивті материалмен абразия кезінде бастапқы массаны сақтау мүмкіндігі, Табер әдісі қолданылады;

коррозияға төзімділігі, әр түрлі агрессивті орталары бар тұзды тұман кабинетінде тексеріледі;

ауа-райына төзімділік, сыртқы жағдайлардың әсерін модельдеу арқылы сынақ камерасында тексеріледі.



#### 5.64-сурет. Гидрофобты жабынмен өңделген сорғы корпусының түрі

Өндірімділігі 1200 м<sup>3</sup> және су станциясының тегеуріні 46 м, қуаты 230 кВт сорғы үшін ПӘК - 78 %, гидрофобты жабуға арналған шығындар 473 мың теңгені құрайды, ал сорғыны өңдегеннен кейін ПӘК-тің ұлғаюы 3 % және электр энергиясының жылдық үнемделуі 115 мың кВтс немесе 7 теңге/кВтс тарифі кезінде 805 мың теңгені құрайды. Сорғыны жөндеу шығындарының қысқаруын ескерместен, өтелімділік мерзімі 7 айды құрайды.

«CORROCOAT CASPIAN» ЖШС Алматы компаниясы сорғылардағы тиімділікті арттыру үшін екі қабатты технологияны қолданады, онда бірінші қабат: «Corrglass 600» , фиништік қабат: «Fluiglide». Қуаты 810 кВт, өнімділігі 3709 м<sup>3</sup>/сағ және су станциясының тегеуріні 63,4 м сорғы үшін ПӘК - 80 % құрайды, екі қабатты өңдеуден кейін сорғының қуаты 740,98 кВт болды, ал сорғының ПӘК бірдей өнімділікпен және тегеурінмен 86,43 % болды. Қазақстан Республикасының ЖЭС-да сорғылардың жалпы саны 10 000 данадан асады, оның ішінде неғұрлым ірілері (100 кВт және одан астам) шамамен 1500 дана, сорғылардың тек жартысын ғана полимерлі жабынмен өңдеу кезінде өз қажеттіліктеріне электр энергиясын жалпы үнемдеу шамамен 90 млнкВт сағатты құрайды.

#### **9-техника. Өнімділігі 160 т/сағ және одан жоғары қазандықтардағы жану процесін автоматтандыру жүйесі**

Режимдік карталарға сәйкес режимдерді жүргізу автоматты басқару болмаған кезде іс жүзінде жану процесіне әсер ететін факторлардың үнемі өзгеруімен қиындайды: отынның құрамы мен сапасы, оттегінің көрсеткіштері және артық ауа коэффициенті, бу жүктемесі, отынның берілуін реттеу, көмірді майдалау түрі және басқалары. Әдетте, 420 т/с ҚА-да мұндай жүйелер орнатылады, ал 160 және 220 т/с ҚА-ның бәрінде орнатылмаған. Шешім қабылдау инерциясына байланысты қолмен реттеу оңтайлы реттеуден ерекшеленеді, бұл жанармайдың шамадан тыс тұтынылуына әкеледі. Жану процестерін бақылау және басқаруды автоматтандыру жүйесін енгізу қазандықтың тиімділігін 1 %-ға дейін арттырады. Өндірімділігі 160 т/с ҚА үшін отын үнемдеу 1300 т /ж немесе 7,8 млн теңгеден көп болуы мүмкін (шартты отынның бағасы 6 мың теңге болғанда)), жану процесін басқаруды автоматтандыру жүйесіне жұмсалатын шығын бір ҚА-ға 38,7 млн теңге болған кезде, өтелімділік мерзімі 5 жылдан артуы мүмкін. Көміртозаңды 62 ҚА-ның ішінде 30 ҚА-ға (өнімділігі 160-220 т/сағ) жану процесін автоматтандыру жүйесін енгізген кезде, отынды жиынтық үнемдеу 30 мыңды құрауы мүмкін.

**10-техника. Сорғылардың электр жетектерін, үрлеу желдеткіштерін, түтін сорғыштарды, шикі көмір жеткізгіштерді және басқа да қосалқы жабдықтарды жиіліктік реттеу.**



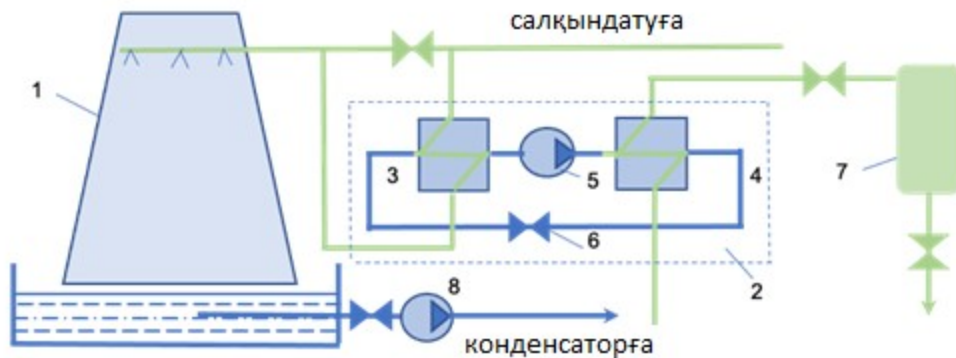
ЖЭС-те қымбаттығына байланысты айналым санының өзгеруіне байланысты кез-келген жабдықтың жұмысын реттеудің белгілі әдісі қолданылмады. Енді, жиілікті реттеу түрлендіргіштері - ЖРТ салыстырмалы түрде арзандаған кезде, электр энергетикалық объектілерге енгізілуі мүмкін. ЖРТ ең көп қолданылатын жабдыққа сорғылар жатады. Өнімділігі  $1250 \text{ м}^3/\text{сағ}$ , айналу жылдамдығы  $1500 \text{ айн/мин}$  болған кезде қуаты  $320 \text{ кВт}$  «Д» типті сорғы үшін реттеу ысырмамен дроссельдеу есебінен жүргізіледі, ЖРТ орнату кезінде электр энергиясын тұтынудың жылдық үнемделуі  $166$  мың кВтс құрады (жазда жұмыс істеу уақыты- $1100$  сағат, қыста  $1500$  сағат) немесе ақшалай мәнде  $1,164$  млн теңге. Орташа үлестік құны  $27 \text{ \$/кВт}$  болған кезде ЖРТ-ға жұмсалатын шығындар  $3,715$  млн теңгені құрайды, бұл  $3,2$  жыл ішінде өтеледі. Қосалқы жабдықтардың басқа түрлері үшін де есептеулер осыған ұқсас. ЕО және Ресей Федерациясының көптеген объектілерінде енгізу тәжірибесі бойынша электр энергиясын үнемдеу жұмыс режиміне және жетек пен жабдықтың сипаттамаларына байланысты  $15$ -тен  $40\%$ -ға дейін құрайды.  $11$  ірі ЖЭО-ның  $8$ -інде қосалқы жабдықтың негізгі жетектеріне ЖРТ енгізу СС-дағы электр энергиясының шығынын  $245$  млн кВтс қысқартуға мүмкіндік береді.

#### **11-техника. КВТК-100 үлгісіндегі су жылыту қазандықтарын реконструкциялау**

Қолданыстағы СЖҚ-да шығатын газдардың температурасы жоғары, бұл жылу жоғалтудың жоғарылауына және тиімділіктің төмендеуіне әкеледі. Мұның бір себебі - оттыққа және конвективті газ құбырына ауа сормасын орнату. Қазандықтың газ тығыздығының жеткіліксіздігі қаптау аймағындағы жану камерасының құбырларының коррозиясының себебі болып табылады, бұл жөндеуге қосымша шығындарға әкеледі. Мембраналық құбырлардан газ тығыздықтағы панельдерді пайдалану отын шығынын  $1800$  тоннаға, ЭЭ шығынын бір қазандыққа  $750$  мың кВтсағ қысқартуға, сәйкесінше  $\text{SO}_2$  шығарындыларын  $125$  тоннаға,  $\text{NO}_x$  шығарындыларын  $50$  тоннаға, күлді  $90$  тоннаға, КҚҚ-ны  $725$  тонна жинауға мүмкіндік береді. Реконструкциялауға  $100$  млн теңгеден аспайтын шығындар кезінде экономикалық тиімділік  $15$  млн теңгені, ал өтелімділік мерзімі  $6$  жылды құрайды.  $13$  СЖҚ ішінде  $10$  СЖҚ-ны реконструкциялау кезінде отын үнемдеу  $9$  мың болады.

#### **12-техника. Жылыту үшін жылу сорғыларын пайдалану**

Кейбір станциялар үшін мақсатқа сай болуы мүмкін, сондықтан Қазмырыш корпорациясы  $1999$  жылдан бастап жылыту мақсатында жылу сорғыларын пайдаланады. Қуаты  $1,5 \text{ МВт}$  дейінгі жылу сорғылары жоғары сенімділікті көрсетті және  $2,5$  жыл ішінде өзін-өзі ақтады.  $1 \text{ Гкал/сағ}$  жылу қуатының құны шамамен  $110$  мың  $\text{\$}$ .  $5.59$ -суретте салқындату мұнараларының салқындатқыш суларында жылытуға және ыстық сумен жабдықтауға арналған жылу сорғысының схемасы көрсетілген.



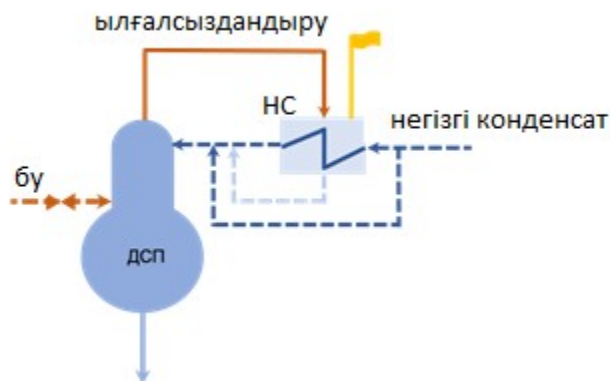
1-градирня, 2-жылу сорабы, 3-буландырғыш, 4-ТН конденсаторы, 5-компрессор, 6-дроссель, 7-аккумуляторлық бак, 8-циркуляциялық сорап

5.63-сурет. Градирнямен қосылған жылу сорғысының жұмыс схемасы

Жылыту жүйесінде жылу сорғыларын пайдалану климаттық жағдайлар мен ғимараттардың сипаттамаларына байланысты бір ЖЭО-да 30-50 мың отын үнемдеуге әкелуі мүмкін, бұл күкірт оксидтерінің шығарындыларын 550 тоннаға, азот оксидтерінің 305 тоннаға, күлдің 425 тоннаға, парниктік газдардың шығарылуын 54493 тоннаға азайтады, сондай-ақ КҚЖ жинау 16364 тоннаға азайтылады.

### 13-техника. Деаэраторларда булау салқындатқышын орнату

Булау салқындатқыштары атмосфераға шығарындыларды болғызбау және жылу процесінің негізгі циклінде конденсатты сақтау үшін бу-газ ортасындағы буды конденсациялауға арналған. Әдетте, беттік типтегі булау салқындатқышы деаэрациялық бағанның жанына орнатылады. Құбыр жүйесінің материалы ретінде диаметрі 16 мм және қабырғасының қалыңдығы 1-1,2 мм жезден жасалған коррозияға төзімді материалдар қолданылады. Әрбір деаэраторға жеке-жеке және бір топ деаэраторға орнатылуы мүмкін. Жоғары қысымды деаэраторлар үшін (ЖАА) бір аэраторға біреу немесе екі аэраторға біреу орнатылуы мүмкін. ЖАА-дан булануды атмосфералық типтегі деаэраторларда (ДСА) пайдалануға болады.

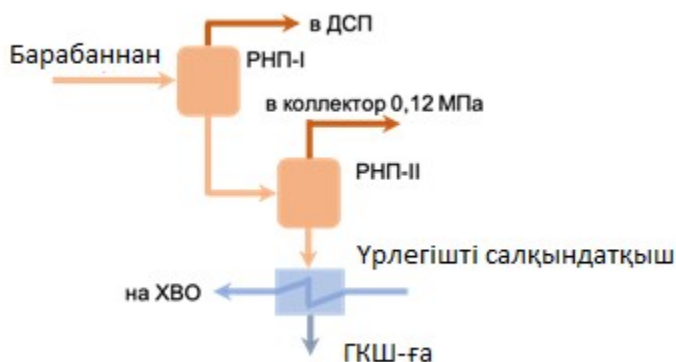


5.66-сурет. Булану салқындатқышын қосу схемасы

ЖАА салқындатқыштары үшін су салқындатқыш су ретінде турбиналардың негізгі конденсаты немесе ДСА және вакуумдық ауасыздандырғыштардан (АВА) кейінгі қосымша су жиі қолданылады. Конденсацияланбаған булар мен газдар атмосфераға шығарылады. Булануды салқындатқыштың (БС) құны 2,5 мың АҚШ доллары болған кезде, БС 1-1,5 жылда өтеледі.

#### **14-техника. Үздіксіз үрлеудің және үрлеуді салқындатқыштың екі сатылы кеңейткішін орнату**

Жобаға сәйкес үрлеу суын кәдеге жарату қондырғысы қарастырылған. 14 МПа қысымға арналған қондырғылар үшін екі сатылы РНП схемасын орнатқан жөн, РНП-I қысымы - 0,68 МПа, РНП-II қысымы - 0,12 МПа. Бу сепарациялау коэффициенті I-саты 43 %, II - саты-8 %. I сатыдағы бөлінген бу ЖАА-ға жіберіледі, ал II сатыдағы бу 0,12 МПа теплофикациялық коллекторға жіберіледі, әр станцияда сепарацияланған буды пайдаланудың әртүрлі нұсқалары болуы мүмкін.



5.67-сурет. Екі сатылы УЗК схемасы

Тұздардың жоғары концентрациясы бар үрлейтін су салқындағаннан кейін ГКШ арнасына ағызылады. РНП тиімділігіне жылу шығынын азайту және отын шығынын азайту арқылы қол жеткізіледі, отын құнына байланысты схема 1,5- 2,0 жыл ішінде өтеледі.

#### **15-техника. Күл үйіндісінің тұндырылған суын қайта пайдалану**

Сорғымен понтонды су алу құрылғысы. Бастапқы суды тұтынуды азайтатын күл үйіндісінен алынып, тұндырылған суды барлық ЖЭС пайдаланбайды. Күл үйіндісіне дейінгі қашықтыққа, тұндырылған судың сапасына байланысты су шығындарын үнемдеу 2-5 жыл ішінде өтелуі мүмкін. Эмульгаторларда суландыру үшін тұндырылған суды пайдаланған кезде шаң мен күкірт оксидтерін тұту арқылы кумулятивтік әсерге қол жеткізуге болады.

#### **16-техника. АМЖ - зиянды заттар шығарындыларын автоматты мониторингілеу жүйесімен қамтамасыз ету**

АМЖ қондырғысы 1 сағат аралықпен маркерлік заттардың концентрациясын көрсете отырып, қазандықтардың газ құбырларындағы ЛЗ шығарындыларының мониторингін



қамтамасыз етеді. Деректерді беру нүктелері техникалық ерекшелікте көрсетіледі. Еуропалық анықтамалықтарды әзірлеушілердің кеңестеріне, оның ішінде француздық СІТЕРА компаниясынан «Энергия алу мақсатында отын жағатын ірі қондырғылар» анықтамалығына сәйкес шығарындыларды үздіксіз бақылау үшін және нақты шығарындылардың мәндерін тіркеп қана қоймай, олардың пайда болу процестеріне әсер ету үшін өлшеу нүктелерін тікелей қазандықтардың газ құбырларына, яғни шығарындылардың пайда болу көзіне орналастырған жөн. Датчиктерді түтін құбырына орналастырған жағдайда, мұндай мүмкіндік болмайды, өйткені бір құбырға 4-5 қазандық агрегаты қосылады және олардың қайсысы жақсы немесе нашар жұмыс істейтінін білу мүмкін емес. Бұдан басқа, Қазақстанның климаттық жағдайларында, -40 -тан +40 °С-қа дейінгі температуралық ауытқу кезінде кез келген датчик осындай жағдайларға төтеп беріп, сенімді жұмыс істей алмайды.

## 6. Ең үздік қолжетімді техникалар бойынша тұжырымдасы бар қорытындылар

### Жалпы ережелер

Осы қорытындыларда көрсетілген және сипатталған ЕҚТ бойынша техника ұсынымдық сипатта болады. ЕҚТ бойынша қорытындыда сипатталған бір немесе бірнеше ЕҚТ-ны қолдана отырып, объектіні пайдаланудың қалыпты жағдайлары кезінде ЕҚТ-ны қолдануға байланысты қоршаған ортаны қорғаудың кемінде баламалы деңгейін қамтамасыз ететін басқа да техникалар пайдаланылуы мүмкін.

### Ауаға ЕҚТ шығарындыларының деңгейі

ЕҚТ бойынша осы қорытындыларда ұсынылған ауаға шығарындылар үшін ең жақсы қолжетімді техникалармен байланысты шығарындылар деңгейлері мынадай стандартты жағдайларда: 273.15 К (0 °С) температура кезінде құрғақ газ және 101,3 кПа (1 ата) қысым кезінде және мг/нм<sup>3</sup> бірліктерінде көрсетілген түтін газының көлеміне түзілетін ластағыш заттың массасы түрінде көрсетілген шоғырлануларға жатады.

Осы құжатта ЕҚТ шығарындыларының деңгейін білдіру үшін пайдаланылатын оттегі үшін стандартты шарттар 6.1-кестеде келтірілген.

6.1-кесте. ЕҚТ шығарындыларының деңгейін белгілеуге арналған оттегінің стандартты деңгейі

Р/с №	Операция	Оттегінің стандартты деңгейі, %
1	2	3
1	Қатты отынды жағу	6
2	Егер қазандықтарда жаққан жағдайда, отынның газ тәрізді түрін жағу	
3	Сұйық және/немесе газ тәрізді отын түрлерімен бірге қатты отынды жағу	
4	Отынды қалдықтармен бірге жағу	3
5	Егер операция газ турбинасында немесе қозғалтқышта жүзеге асырылмаса, сұйық және/немесе газ тәрізді отын түрлерін жағу	

6	Егер операция газ турбинысында немесе қозғалтқышта жүзеге асырылған жағдайда, сұйық және / немесе газ тәрізді отын түрлерін жағу	15
7	БГҚ-да жағу	

Оттегінің стандартты деңгейінде шығарындылардың концентрациясын есептеуге арналған теңдеу:

$$(6.1)$$

мұндағы:  $O_n$ ,  $O_i$  -сәйкесінше оттегінің стандартты және өлшенген деңгейі %,  $C_i$  -шығарындылардың мг/нм<sup>3</sup> өлшенген шоғырлануы.

$C_i$  -шығарындылардың мг/нм<sup>3</sup> өлшенген шоғырлануы.

Орташа кезеңдер үшін келесі анықтамалар қолданылады:

## 6.2-кесте. Шығарындыларды өлшеу шамаларын орташаландыру кезеңдері

Р/с №	Орташалау кезеңі	Анықтама
1	2	3
1	Орташа тәуліктік	Үздіксіз өлшеулер барысында алынған қолданыстағы орташа сағаттық шамалардың 24 сағат ішіндегі орташа шамасы
2	Жылдық орташа	Үздіксіз өлшеулер барысында алынған қолданыстағы, орташа сағаттық шамалардың бір жыл ішіндегі орташа шамасы
3	Сынама алу кезеңінде орташа шамасы	Ұзақтығы бойынша әрбір кемінде 30 минут болатын қатарынан үш өлшемнің орташа шамасы *
4	Бір жыл ішінде алынған сынамалардың орташа шамасы	Әрбір параметр үшін белгіленген мониторинг жиілігімен өндірілген кезеңді өлшемдердің бір жыл ішінде алынған шамалардың орташа мәні

\* сынамаларды іріктеу немесе талдау бойынша шектеулердің салдарынан 30 минуттық өлшеулерге жол берілмейтін кез келген параметр үшін сынамаларды іріктеудің тиісті кезеңі қолданылады. ПХДД /Ф үшін сынама алу кезеңі 6-дан 8 сағатқа дейін пайдаланылады.

Шығарындылардың деңгейлері және оларды қолдану

1. Қондырғылар үшін атмосфераға ластағыш заттар эмиссияларының технологиялық көрсеткіштері қондырғыдан шығарындылар бөлінетін жерде қолданылады, бұл ретте мұндай мәндерді айқындау кезінде олардың кез келген сұйылтылуы ескерілмейді.

2. Қондырғылар үшін атмосфераға ластағыш заттар эмиссияларының технологиялық көрсеткіштері осы ЕҚТ бойынша анықтамалықта отын жағатын қондырғының бірлік жылу қуатына қатысты қолданылады.

3. Электр станциясын реконструкциялау және кеңейту кезінде ластағыш заттар эмиссияларының технологиялық көрсеткіштері өзгеріске ұшыраған әрбір отын жағатын қондырғыға қолданылады.

Атмосфераға эмиссиялардың технологиялық көрсеткіштерінің сақталуын бағалау

1. Үздіксіз өлшеулерді жүргізу кезінде шығарындылардың белгіленген шекті деңгейлері, егер өлшеу нәтижелерін бағалау күнтізбелік жылдағы пайдалану сағаттарын ескере отырып, төменде санамаланған барлық шарттардың сақталғанын көрсетсе, сақталды деп есептеледі:

1) жол берілетін орташа тәуліктік мән шығарындылардың тиісті шекті деңгейлерінен 110 %-дан аспайды;

2) көмірді пайдаланатын қазандықтардан ғана тұратын жағу қондырғыларына қатысты жол берілетін орташа тәуліктік мән шығарындылардың тиісті шекті мәндерінен 150 % - дан аспайды;

3) бір жыл ішіндегі барлық рұқсат етілген орташа сағаттық мәндердің 95 %-ы шығарындылардың тиісті белгіленген шекті деңгейлерінен 200 %-дан аспайды.

2. Үздіксіз өлшеулер болмаған кезде шығарындылардың белгіленген шекті мәндері, егер құзыретті органдар белгілеген қағидаларға сәйкес айқындалған өлшемдердің немесе өзге де рәсімдердің әрбір сериясының нәтижелері атмосфераға эмиссиялардың технологиялық көрсеткіштерінен аспаса, сақталды деп есептеледі. Су объектілеріне ЕҚТ қолданумен байланысты төгінділердің технологиялық көрсеткіштері (ЕҚТ ТД)

Осы ЕҚТ бойынша қорытындыларда ұсынылған су объектілеріне төгуге арналған ең жақсы қолжетімді технологиялармен байланысты төгінділердің технологиялық көрсеткіштері су көлеміне төгілетін заттың массасы түрінде көрсетілген және мкг/л, мг/л немесе г/л-де көрсетілген концентрацияларға жатады. ЕҚТ деңгейлері орташа күндік мәндерге, яғни 24 сағаттық орташа пропорционалды су сынамаларына жатады. Уақыт бойынша мөлшерлес орташаланған сынамалар ағынның жеткілікті тұрақтылығы жағдайында пайдаланылуы мүмкін.

ЕҚТ ТД-мен байланысты мониторинг 2-ЕҚТ-де көрсетілген.

ЕҚТ-мен байланысты энергия тиімділігі деңгейлері (ЕҚТ ЭД)

Ең үздік қолжетімді технологиялармен байланысты энергия тиімділігі деңгейі камераның нақты конструкциясы кезінде жану камерасының өндірілген энергиясы мен жанармай беру/жану камерасына қосылған энергия арасындағы қатынастықа жатады. Өндірілетін энергия жағу, газдандыру кезінде немесе қосымша жүйелерді қоса алғанда (мысалы, түтін газдарын тазарту жүйелері) аралас кешенді газдандыру (ГАЦ) қондырғысының шекарасында және толық жүктеме кезінде пайдаланылатын қондырғы үшін айқындалады.

Аралас өндіріске қатысты (ЖЭО):

отын жылуын пайдалану коэффициентінің (ОПК) ЕҚТ ЭД толық жүктеме кезінде жұмыс істейтін және бірінші кезекте жылу беруді арттыруға, екінші кезекте қалған электр энергиясын өндіруге бағытталған қондырғыларға жатады;

электрлік нетто ПӘК ЕҚТ ЭД тек толық жүктеме кезінде электр энергиясын өндіретін қондырғыларға жатады.

ЕҚТ ЭД пайыздық қатынаста көрсетілген. Отын/байланысқан энергияның берілуі төмен жылу жасау қабілетіне ( $Q_{нр}$ ) сәйкес келеді.

Отын жағатын қондырғыларды олардың жалпы есептік жылу қуаты бойынша саралау

ЕҚТ бойынша осы қорытындылар мақсатында, егер жалпы есептік жылу қуаты үшін мәндердің диапазоны көрсетілсе, ол диапазонның төменгі шегіне тең немесе одан жоғары және диапазонның жоғарғы шегінен төмен деп есептеледі. Мысалы, 100-300 МВт қондырғы санаты бойынша т деп саналады: жалпы есептік тиімді жылу қуаты 100 МВт-қа тең немесе одан жоғары және 300 МВт-тан төмен отын жағатын қондырғылар.

## 6.1. ЕҚТ бойынша жалпы қорытындылар 6.1.1. Экологиялық менеджмент жүйелері (ЭМЖ)

(4-бөлімді қараңыз)

ЕҚТ 1. Жалпы экологиялық көрсеткіштерді жақсарту мақсатында ЕҚТ экологиялық менеджмент жүйесінің (СЭМ) талаптарын енгізуге және сақтауға арналған (4.6-бөлімді қараңыз).

ЕҚТ 2. Отынды жағатын қондырғылардың энергия тиімділігін арттыру мақсатында электр ПӘК-ін немесе қондырғыны пайдалануға беру п-нің отынды пайдалану коэффициентін анықтау үшін және әрбір жаңғыртудан кейін толық жүктеме кезінде технологиялық жабдыққа сынақтар жүргізу, олар нетто электр пәк-іне және/немесе отынды жиынтық пайдалануға және/немесе қондырғының пәк-іне елеулі әсер етуі мүмкін.

Қолдануға жарамдылық: Қазақстан Республикасының тиісті стандарттары болмаған жағдайда, ISO стандарттары немесе ұқсас ғылыми деңгейдегі деректерді ұсынуды қамтамасыз ететін басқа да халықаралық стандарттар қолданылады.

(1) ЖЭО-дағы қондырғыларға қатысты, егер техникалық себептер бойынша пайдалану сынағы жылу жіберу үшін толық жүктеме кезінде жұмыс істейтін қондырғымен жүргізілмеген жағдайда, сынақ толықтырылуы немесе толық жүктеме параметрлерін пайдалана отырып есептеумен ауыстырылуы мүмкін.

ЕҚТ 3. Қондырғылардың жалпы экологиялық сипаттамаларын жақсарту мақсатында төменде көрсетілген параметрлерді қоса алғанда, түтін газдары мен су объектілеріне тастандылардың негізгі параметрлеріне мониторинг жүргізу.

6.3-кесте Ауаға және су объектілеріне шығарындыларға сәйкес келетін отын жағатын қондырғылардың негізгі технологиялық параметрлерін бақылау

Р/с №	Ағын	Параметр (лер)	Мониторинг
1	2	3	4
1	түтін газы	Шығын	Кезеңдік немесе үздіксіз анықтау
2		Оттегінің құрамы, температура және қысым	Кезеңдік немесе үздіксіз өлшеулер
3		Су буының құрамы*	
4	Түтін газын тазалағаннан кейінгі сарқынды сулар	Шығын, рН және температура	Үздіксіз өлшеулер

\* егер талдау алдында түтін газының сынамасы кептірілген болса, түтін газындағы су буының құрамын үздіксіз өлшеудің қажеттілігі жоқ.

## 6.1.2. Мониторинг

ЕҚТ 4. Қондырғылардың жалпы экологиялық сипаттамаларын жақсарту мақсатында белгілі бір кезеңділікпен ауаға шығарындыларға мониторинг жүргізу.

Төменде көрсетілген ең аз жиілікпен жағатын қондырғылардың отын шығарындыларында мониторингке жататын маркерлік ластағыш заттардың тізбесі.

6.4-кесте. Мониторингке жататын маркерлік ластағыш заттардың тізбесі

Р/с №	Ластағыш заттар	Отын жағатын қондырғылар		
		қатты отынмен	сұйық отпен	Газ тәрізді отында
1	2	3	4	5
1	NO <sub>x</sub>	+	+	+
2	N <sub>2</sub> O (АҚК қазандықтар үшін)	+		
3	CO	+	+	+
4	SO <sub>2</sub> и SO <sub>3</sub> (СҚК пайдалану кезіндегі соңғысы)	+	+	
5	Шаң	+		
6	NH <sub>3</sub> (СҚК немесе СКЕК пайдаланған кезде)	+	+	+
7	Мазут күлі (ванадийге қайта есептегенде)		+	
8	Формальдегид (ұшқынды газ-поршеньді және екі отынды қозғалтқыштар үшін)			+
9	СН <sub>4</sub> (қозғалтқыштар)			+

Мониторинг Қазақстан Республикасының қолданыстағы заңнамасына сәйкес жүргізіледі. Қазақстан Республикасында тиісті стандарттары болмаған жағдайда, ISO стандарттары, деректерді ұсынуды қамтамасыз ететін ұлттық немесе басқа да халықаралық стандарттар қолданылады.

6.5-кесте. Отын жағатын қондырғылардан шығарындылар мониторингінің кезеңділігі

--	--	--	--	--

P/c №	Заттар/ параметр	Отын жағатын қондырғының отыны/ процесі/типі*	Мониторингтің белгілі бір кезеңділігі**	Мониторинг ЕҚТ-мен байланысты
-------	---------------------	---	--	----------------------------------

	1	2	3	4	
1	NH <sub>3</sub>	СКҚ немесе СКЕҚ қолданған кезде	үздіксіз ***,****	ЕҚТ 7	
2	NO <sub>x</sub>	қалдықтарды бірге жағуды қоса алғанда, тас немесе қоңыр көмір	үздіксіз ***,****	ЕҚТ 18 ЕҚТ 20	
3		мазутпен немесе дизель отынымен жұмыс істейтін қазандықтар мен қозғалтқыштар		ЕҚТ 24 ЕҚТ 27	
4		сұйық отындағы газ турбиналары		ЕҚТ 32	
5		табиғи газбен жұмыс істейтін қазандықтар, қозғалтқыштар, турбиналар		үздіксіз ***,****	ЕҚТ 36 ЕҚТ 37
6		металлургия өндірісінің технологиялық газдары (шойын, болат)			ЕҚТ 42
7		химия өнеркәсібінің технологиялық газдары			ЕҚТ 43
8		ЦІГ газдандыру қондырғылары			ЕҚТ 62
9		теңіз платформаларындағы отын жағатын қондырғылар		жылыны 1 рет *****	ЕҚТ 48
10		N <sub>2</sub> O		АҚҚ қазандықтардағы тас немесе қоңыр көмір	жылыны 1 рет *****
11	CO	қалдықтарды бірге жағуды қоса алғанда, тас немесе қоңыр көмір	үздіксіз ***,****	ЕҚТ 54	
12		мазутпен немесе дизель отынымен жұмыс істейтін қазандықтар мен қозғалтқыштар		ЕҚТ 24 ЕҚТ 28 ЕҚТ 39 ЕҚТ 49	
13		сұйық отындағы газ турбиналары		ЕҚТ 33	
14		табиғи газбен жұмыс істейтін қазандықтар, қозғалтқыштар, турбиналар		ЕҚТ 39	
15		металлургия өндірісінің технологиялық газдары (шойын, болат)			ЕҚТ 44
16		химия өнеркәсібінің технологиялық газдары			
17		ЦІГ газдандыру қондырғылары			ЕҚТ 62
18		теңіз платформаларындағы отын жағатын қондырғылар		жылыны 1 рет *****	ЕҚТ 49



\*\* қондырғы шығарындыларды өлшеу мақсатында ғана пайдаланылатын жағдайларда мониторинг жиілігі қолданылмайды;

\*\*\* есептік жылу қуаты <100 МВт, жұмыс істейтін қондырғыларға қатысты, <2000 сағ/жыл жұмыс істейтін, мониторингтің ең төменгі жиілігі алты айда бір рет болуы мүмкін. Газ турбиналары үшін мерзімді мониторинг отын жағатын қондырғының жүктемесі >70 % болған кезде орындалады. Қалдықтарды тас немесе қоңыр көмірмен, қатты биомассамен және/немесе шымтезекпен бірге жағу кезінде мониторингтің ең аз жиілігі алты айда бір рет қабылданады;

\*\*\*\* қалдықтарды тас немесе қоңыр көмірмен бірге жағу кезінде мониторингтің ең аз жиілігі алты айда бір рет қабылданады;

\*\*\*\*\* ЕСКҚ қолданған кезде, егер шығарындылар деңгейінің жеткілікті тұрақты екендігі дәлелденсе, мониторингтің ең төменгі жиілігі жылына бір рет болуы мүмкін;

\*\*\*\*\* есептік жылу қуатымен табиғи газбен жұмыс істейтін турбиналарға қатысты, есептік жылу қуаты <50 МВт немесе қолданыстағы ГТҚ ӨО қатысты осы қорытындылар қолданылмайды;

\*\*\*\*\* АСМ қолданылуы мүмкін;

\*\*\*\*\* екі өлшеу сериясы орындалды, біреуі жүктеме кезінде жұмыс істейтін қондырғыда >70 %, ал екіншісі жүктеме кезінде >;

\*\*\*\*\* құрамында күкірті белгілі мұнай өнімдерін жағатын қондырғылар үшін және түтін газын күкіртсіздендіру жүйесі болмаған кезде SO<sub>2</sub> шығарындыларын анықтау үшін кемінде үш айда бір рет мерзімді өлшеулер және/немесе ұқсас ғылыми деңгейдің деректерін ұсынуды қамтамасыз ететін басқа да рәсімдер пайдаланылуы мүмкін;

\*\*\*\*\* құрамында күкірті белгілі мұнай өнімдерін жағатын қондырғылар үшін және түтін газын күкіртсіздендіру жүйесі болмаған кезде SO<sub>2</sub> шығарындыларын және мазут күлін анықтау үшін кемінде үш айда бір рет мерзімді өлшеулер және/немесе есептеу әдістері пайдаланылады;

\*\*\*\*\* егер шығарындылар деңгейінің жеткілікті тұрақты екендігі дәлелденген жағдайда, отын немесе қалдықтар сипаттамаларының өзгеруі шығарындыларға әсер етуі мүмкін әрбір рет, бірақ кез келген жағдайда жылына кемінде бір рет кезеңдік өлшеулер жүргізілуі мүмкін.

ЕҚТ 5. Қондырғылардың жалпы экологиялық сипаттамаларын жақсарту мақсатында төменде көрсетілген жиілікпен түтін газдарын тазарту кезінде су объектілеріне төгінділерге мониторинг жүргізу.

Қазақстан Республикасының тиісті стандарттары болмаған жағдайда ISO стандарттары немесе ұқсас ғылыми деңгейдегі деректерді ұсынуды қамтамасыз ететін басқа да халықаралық стандарттар қолданылады.

6.6-кесте. Түтін газдарын тазалау кезінде су объектілеріне төгінділер мониторингінің кезеңділігі



P/c №	Зат / параметр**	Мониторингтің белгілі бір кезеңділігі	Мониторинг ЕҚТ-мен байланысты	
1	2	3	4	
1	Органикалық көміртектің жалпы мөлшері (ОКМ) *	Айына бір рет	ЕҚТ 3 ЕҚТ 5	
2	Оттегінің химиялық шығыны (COD) *			
3	Қалқыма қатты бөлшектердің жалпы құрамы			
4	Фторид (F)			
5	Сульфат (SO <sup>2-</sup> )			
6	Оңай бөлінетін күкірт қосылысы (S <sup>2-</sup> )			
7	Сульфит (SO <sup>2-</sup> ) <sub>3</sub>			
8	Металдар мен металлоидтар			As
8.1				Cd
8.2				Cr
8.3		Cu		
8.4		Ni		
8.5		Pb		
8.6		Zn		
9	Хлорид (Cl)			
10	Жалпы азот			

\* ОКМ мониторингі және COD мониторингі балама болып табылады. ОКМ мониторингі - өте улы қосылыстарды қолдануға негізделмегендігіне байланысты қолайлы нұсқа;

\*\* заттардың құрамын анықтау Қазақстан Республикасының қолданыстағы заңнамасына сәйкес жүзеге асырылады.

### 6.1.3. Жалпы экологиялық сипаттамалар және шекті индикаторлар

ЕҚТ 6. Отын жағатын қондырғылардың жалпы экологиялық сипаттамаларын жақсарту және ауаға көміртегі тотығы мен күйдірілмеген заттардың шығарылуын азайту мақсатында төменде келтірілген тиісті аралас әдістерді пайдалана отырып, отынды жағуды оңтайландыруды қамтамасыз ету.

#### 6.7-кесте. Отынды жағуды оңтайландыру техникалары

P/c №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	отынды құрамдастыру және араластыру	Жанудың тұрақты жағдайларын қамтамасыз етеді және/немесе әртүрлі сапалы бір типті отынды араластыру жолымен ластаушылардың шығарындыларын төмендетеді	жалпы қолданымды

2	Жағу жүйелеріне техникалық қызмет көрсету	Жеткізушілердің ұсынымдарына сәйкес жүйелі жоспарланған техникалық қызмет көрсету	
3	Жетілдірілген басқару жүйесі	4.5-бөлімді қараңыз	Ескі жанармай жағатын қондырғыларға қолдану жағу жүйесін және/немесе басқару жүйесін модификациялау қажеттілігімен шектелуі мүмкін
4	Жағуға арналған жабдықтың тиісті құрылымы	Пештің, жану камераларының, жанарғылардың және олармен байланысты құрылғылардың тиісті конструкциясы	Жаңа параметрлерге қолданымды
5	Отынды таңдау	Іске қосу немесе резервтік отынды пайдалану кезіндегі жағдайларды қоса алғанда, қолжетімді отын түрлерінің арасында экологиялық сипаттамасы жақсы (мысалы, күкірт және/немесе күл және/немесе сынап мөлшері төмен) отынның басқа түрін таңдауға немесе толық немесе ішінара ауыстыруға мүмкіндік береді	Бұл, жалпы, ең жақсы экологиялық сипаттамалары бар қолайлы отын түрлерінің болуына байланысты қолданылады. Қолданыстағы қондырғылар үшін таңдалған отын түрі қондырғының құрастырылуы мен конструкциясына байланысты шектелуі мүмкін

ЕҚТ 7. Азот тотықтары шығарындыларының деңгейін төмендету үшін ЕАВ немесе СКЕҚ пайдалану кезінде ауаға аммиак шығарындыларын төмендету мақсатында  $NO_x$  басу үшін қондырғыға аммиак құрылымы мен берілуін оңтайландыруды қамтамасыз ету.

ЕҚТ СКҚ және/немесе СКЕҚ конструкциясын оңтайландыру және/немесе пайдалану үшін арналған (мысалы, реагенттің оңтайлы мөлшері және оның біркелкі таралуы).

ЕҚТ-мен байланысты шығарындылар деңгейі

СКҚ және/немесе СКЕҚ пайдалану кезінде  $NH_3$  үшін ауаға ЕҚТ шығарындыларының деңгейі сынамаларды іріктеу кезеңі ішінде орташа жылдық мән немесе орташа мән ретінде  $<3-10 \text{ мг/нм}^3$  құрайды. СКҚ-ны пайдалану кезінде диапазонның төменгі шегіне қол жеткізуге болады, ал дымқыл тазалау әдістерінсіз СКЕҚ-ны пайдалану кезінде диапазонның жоғарғы шегіне қол жеткізуге болады. Биомассаны жағуға арналған қондырғыларға және әртүрлі жүктемелер кезінде жұмыс істейтіндерге, сондай-ақ мазутты және/немесе дизель отынын жағуға арналған қозғалтқыштарға қатысты ЕҚТ шығарындылары деңгейінің диапазонының жоғарғы шегі  $15 \text{ мг/нм}^3$  құрайды.

ЕҚТ 8. Қалыпты пайдалану жағдайларында ауаға шығарындыларды болғызбау немесе азайту мақсатында шығарындыларды оңтайлы қуатта және тиісті техникалық қызмет көрсету кезінде төмендету жүйелерін пайдалануды қамтамасыз ету.

ЕҚТ тиісті конструкцияның, пайдаланудың және техникалық қызмет көрсетудің арқасында оңтайлы қуатта және пайдалану қолжетімділігі кезінде шығарындылар деңгейін төмендету жүйелерін пайдалануды қамтамасыз етуге арналған.

ЕҚТ 9. Отын жағатын қондырғылардың жалпы экологиялық сипаттамаларын жақсарту және ауаға шығарындыларды азайту мақсатында СЭМ шеңберінде отын сапасын бақылауды қамтамасыз ету.

ЕҚТ экологиялық менеджмент жүйесі аясында пайдаланылатын барлық отын түрлеріне арналған сапаны қамтамасыз ету/сапаны бақылау бағдарламаларына келесі элементтерді қосуға арналған (ЕҚТ 1-ді қараңыз).

1) төменде санамаланған параметрлерді қоса алғанда және отынға арналған стандарттарға сәйкес отынның бастапқы сипаттамасы. ISO стандарттары, ұлттық немесе басқа да халықаралық стандарттар, егер олар ұқсас ғылыми деңгейдегі деректерді ұсынуды қамтамасыз етсе, пайдаланылуы мүмкін;

2) отынның бастапқы сипаттамаға сәйкестігін тексеру үшін және қондырғының жобалық ерекшеліктеріне сәйкес оның сапасын тұрақты сынау. Сынақтар жүргізу жиілігі және төмендегі кестеден іріктелген параметрлер отын түрлерінің әртүрлілігіне және ластағыштардың маңыздылығын бағалауға негізделген (мысалы, отындағы концентрация, түтін газын тазарту қолданылатын);

3) қажет болған жағдайда және мүмкіндігінше орнату параметрлерін кейіннен баптау (мысалы, жетілдірілген басқару жүйесіне отын параметрлері мен бақылау мәндерін қосу).

Отынның бастапқы сипаттамасы мен тұрақты сынақтарын химия зертханасы жүргізуі мүмкін. Егер жоғарыда көрсетілген операцияларды өнім беруші орындаған жағдайда, онда барлық нәтижелер операторға отын берушінің ерекшелігі және/немесе кепілдігі нысанында беріледі.

#### 6.8-кесте. Жағу алдында бақылауға жататын отынның сипаттамасы

Р/с №	Отын	Жағу алдында бақылауға жататын заттар/параметрлер
1	2	3
1	Тас/қоңыр көмір	жанудың ең төменгі жылуы, ылғалдылық, ұшпа заттардың шығуы ( $V^T$ ), күлділік ( $A^P$ ), байланысқан көміртек, (C), сутегі (H), азот (N), оттегі (O), күкірт (S)
2	Мазут	күл, көміртек (C), күкірт (S), азот (N), сутегі (H), ванадий (V)
3	Дизель отыны	күл, көміртек (C), күкірт (S), азот (N), сутегі (H)
4	Табиғи газ	жанудың ең төменгі жылуы, $CH_4$ , $C_2H_6$ , $C_3$ , $C_{4+}$ , $CO_2$ , $N_2$ , Воббе индексі

5	химия өнеркәсібінен алынатын технологиялық отын <sup>1)</sup>	Br, C, Cl, F, H, N, O, S, Металдар мен металоидтар (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, V, Zn)
6	шойын мен болат өндірісіндегі технологиялық газдар	жанудың ең төменгі жылуы, CH <sub>4</sub> , CxHy, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , S, Воббе индексі
7	Қалдықтар**	жанудың ең төменгі жылуы, ылғалдылық, ұшпа заттар, күл, BR, c, Cl, F, H, N, O, S

ақпарат негізінде расталған заттарға/параметрлерге дейін ғана қысқартылуы мү\* заттар /параметрлер тізімі отында болуы шикізат материалдары мен өндірістік процестер туралы мкін;

\*\* осы сипаттама осы кестеде көрсетілгендерден басқа басқа заттарды/параметрлерді бақылауға әкелуі мүмкін қалдықтарды алдын ала қабылдау рәсімін қолдану үшін залалсыз орындалған.

ЕҚТ 10. Жабдық жұмысының штаттан тыс жағдайларында (іске қосу, тоқтату, авариялық жағдайлар) ауаға немесе су объектілеріне шығарындыларды төмендету мақсатында СЭМ шеңберінде басқару жоспарын жасауды және іске асыруды қамтамасыз етсін

ЕҚТ арналған жасау және басқару жоспарын іске асыру шеңберінде экологиялық менеджмент жүйесі (1-ЕҚТ-ді қараңыз), ластағыш заттардың маңызды ықтимал шығарындылары үшін, ол келесі элементтерді қамтиды:

ауаға, су объектілеріне және/немесе топыраққа шығарындылар деңгейіне әсер етуі мүмкін ТМА туындауымен байланысты жүйелердің тиісті конструкциясы (мысалы, газ турбиналарында тұрақты өндіру мақсатында іске қосу және тоқтату кезінде ең төменгі жүктемелерді төмендету үшін төмен жүктемемен конструкторлық шешімдер); тиісті жүйелер үшін профилактикалық техникалық қызмет көрсетудің арнайы жоспарын жасау және іске асыру;

ТКЭ кезіндегі жалпы шығарындыларды мерзімді бағалау (мысалы, оқиғалардың жиілігі, ұзақтығы, шығарындыларды сандық анықтау/есептеу) және қажет болған жағдайда түзету шараларын орындау.

**ЕҚТ 11. Қондырғылардың жалпы экологиялық сипаттамаларын арттыру мақсатында жабдық жұмысының штаттан тыс жағдайларында өлшеу мониторингін жүргізу.**

Мониторинг жанама параметрлерді, егер ол шығарындыларды тікелей өлшеуге қарағанда тең немесе жоғары ғылыми деңгейге жетсе, мониторинг арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Есептеулерде ұқсас жабдықта іске қосу - тоқтату бойынша операцияларды жүргізу кезінде өлшеу нәтижелерін пайдалануға жол беріледі.

#### 6.1.4. Энергия тиімділігі

ЕҚТ 12. Тұтасымен қоршаған ортаға әсерді төмендету мақсатында жағу, газдандыру қондырғылары үшін төменде келтірілген энергия тиімділігін арттыру техникалары пайдаланылсын.

6.9-кесте. Отын жағатын қондырғылардың энергия тиімділігін арттыру техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Химиялық және механикалық толық жақпауды төмендету үшін жану процесін оңтайландыру	Жағуды оңтайландыру түгін газдарындағы және жанудың қатты қалдық өнімдеріндегі жанбайтын заттардың құрамын төмендетеді	жалпы қолданылады
2	Жану процесін оңтайландыру	ПӘК арттыру және шығарындыларды азайту үшін	
3	NO <sub>x</sub> шығарындыларын оңтайландыру үшін жұмыс ортасын оңтайландыру.	Будың немесе газдың жұмыс ортасының максималды қысымы мен температурасында жұмыс істейді, мысалы, NO <sub>x</sub> шығарындыларын бақылауға немесе қажетті энергия сипаттамаларына байланысты	
4	Оңтайландыру бу циклі	Төменгі бу қысымымен жұмыс істейді минималды салқындату температурасын қолдану арқылы турбинамен конденсатор суы, есептік жағдайда	
5	СН электр энергиясының шығынын қысқарту	ПӘК арттыру және шығарындыларды азайту үшін	
6	Жағу үшін ауаны алдын-ала жылыту.	ПӘК арттыру және шығарындыларды азайту үшін.	NO <sub>x</sub> шығарындыларын бақылау қажеттілігіне қатысты жалпы қолданымды
7	Отынды алдын ала регенеративті қыздыру	Шығатын газдардың жылуы және шығарындыларды азайту есебінен ПӘК арттыру үшін.	Қазандықтың құрылысына және қажеттілігіне байланысты жалпы қолданымды NO <sub>x</sub> шығарындыларын бақылау
8	Отынды жағу процесінің негізгі параметрлерімен АБЖ	Жану тиімділігін арттыру және шығарындыларды азайту үшін.	Жалпы жаңа қондырғыларға қолданылады. Ескі қондырғыларға қолдану жану жүйесін және/немесе басқару жүйесін жаңарту қажеттілігімен шектелуі мүмкін
9	Қоректік суды регенеративті жылыту	ПӘК арттыру және шығарындыларды азайту үшін.	Тек бу тізбектеріне қолданылады және ыстық су қазандықтарына қолданылмайды. Қолданыстағы қондырғыларға қолдану конфигурацияға байланысты жақтаулармен шектелуі мүмкін қондырғылар және қалпына келтірілетін жылу көлемі

10	Электр және жылу энергиясын аралас өндіру кезінде жылуды кәдеге жарату (ЖЭО)	Энергия тиімділігін арттыру және шығарындыларды азайту үшін.	Жергілікті жылу жүктемесіне байланысты шеңберде қолданылады.
11	Энергияны аралас өндіруге дайындық (ЖЭО)	Электр және жылу энергиясын өндірудің жеке схемасымен салыстырғанда энергия шығынын азайту, тиімділікті арттыру.	Болашақ үшін нақты әлеуеті бар жана қондырғыларға ғана қолданылады қондырғы жанында жылуды пайдалану
12	Түтін газдарының конденсаторы	Отын жағатын және шаң мен $SO_2$ газ тазарту қондырғысының тиімділігін арттыру.	Жеткілікті жүктеме болған жағдайда ЖЭО қондырғыларына қолданылады төмен температуралы жылу
13	Жылу энергиясын жинақтау	Ең жоғары жүктемелерді жабу, ЖКШ жұмысын азайту, мазутты жағу және шығарындыларды азайту үшін.	Тек ЖЭО және қазандық қондырғыларына қолданылады
14	Ылғалды газ құбыры	Атмосфераға шығарындыларды азайту үшін $SO_2$ сынап.	Ылғал күкіртсіздендіру жүйесімен жабдықталған жаңа және қолданыстағы қондырғыларға қолданылады
15	Градирня арқылы түтін газдарын шығару	Атмосфералық ауаға эмиссияларды азайту үшін.	Тек қондырғыларға қолданылады, шығару алдында түтін газын алдын ала қыздыру талап етілетін және қондырғының салқындату жүйесі градирня болып табылатын дымқыл тәсілмен күкіртсіздендіру жүйесімен жабдықталған
16	Отынды алдын ала кептіру	Отын жағу параметрлерін жақсарту есебінен ЛЗ шығарындыларын азайту үшін.	Отынның ылғалдылығы кезінде $W^p < 25\%$ және $V^g$ Ұшпа $V^{g>25\%}$ шығатын отындар үшін газды ауамен кептіру ұсынылады. Жоғары ылғалдылық кезінде $W^p > 40\%$ газды кептіру ұсынылады
17	Сәулелену көздерін оқшаулау арқылы жылу шығынын азайту.	ПӘК арттыру және шығарындыларды азайту үшін.	Жалпы қолданылады
18	Турбина жұмысының тиімділігінің жетілдірілген перспективті материалдары.	арттыру есебінен шығындарды азайту үшін бу процесінің тиімділігі	Жаңа қондырғыларға қолданылады
19	Бу турбинасын немесе қондырғының басқа да компоненттерін жаңғырту	турбинаның ағынды бөлігінің энергия тиімділігін арттыру, тиімділікті арттыру және шығарындыларды азайту үшін.	Қолдану жүктемемен, бу параметрлерімен және/немесе қондырғының шектеулі пайдалану мерзімімен шектелуі мүмкін
20		ПӘК арттыру есебінен үлестік шығарындыларды азайту үшін.	Жылына $> 4000$ сағ жұмыс істейтін $n600$ МВт жаңа қондырғыларға ғана қолданылады. Қондырғының мақсаты өнеркәсіптің өңдеуші салаларында төмен бу температурасын және / немесе қысымды өндіру болып табылатын жағдайларда қолданылмайды.

Шектен асқан және суперкритикалық бу параметрлері		ЖЭО режиміндегі газ турбиналары мен бу генераторлық қозғалтқыштарға қолданылмайды. Биомассаны жағу қондырғылары үшін қолдану Жоғары температуралы коррозиямен шектелуі мүмкін биомассаның кейбір түрлеріне қатысты
---	--	---

### 6.1.5. Су тұтыну және сарқынды сулар

ЕҚТ 13. Суды тұтынуды және ластанған сарқынды суларды ағызу көлемін азайту мақсатында басқа мақсаттар үшін қондырғыдан сарқынды суларды қоса алғанда, қалдық су ағындарын қайта пайдалануды қамтамасыз ету.

ЕҚТ төменде келтірілген бір немесе екі техниканы қолдануға арналған.

#### 6.10-кесте. Су тұтынуды азайту техникалары

P/c №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Айналмалы сумен жабдықтау	Басқа мақсаттар үшін қондырғыдан сарқынды суларды қоса алғанда, қалдық су ағындарын қайта пайдалану. Рециркуляция дәрежесі қабылданатын су ағынының сапасына және қондырғының су теңгеріміне қойылатын талаптармен шектелген	Суды тазарту және/немесе теңіз суынан тұздың жоғары концентрациясы үшін химиялық заттар болған кезде салқындату жүйелеріндегі сарқынды суларға қолданылмайды
2	Құрғақ күл шығару	Құрғақ, ыстық күл пештен механикалық конвейер жүйесіне түсіп, атмосфералық ауамен салқындатылады. Бұл процесте су пайдаланылмайды.	Қатты отын түрлерін жағуға арналған қондырғыларға ғана қолданылады. Қолданыстағы жанармай жағатын қондырғыларды жанартуға кедергі келтіретін техникалық шектеулер болуы мүмкін.

ЕҚТ 14. Сарқынды сулардың ластануын болғызбау және су объектілеріне төгінділерді азайту мақсатында, ЕҚТ ластағыш заттардың құрамына байланысты сарқынды сулардың ағынын бөлуге және жеке тазартуға арналған

Әдетте бөлу және тазарту процестерінен өтетін сарқынды сулар, соның ішінде беткі сарқынды сулар, салқындатқыш су және түтін газын тазартудан шығатын сарқынды сулар.

Су бұру схемасына байланысты қолданыстағы қондырғыларға қатысты қолдану шектелуі мүмкін.

ЕҚТ 15. Су объектілеріне түтін газын тазартудан төгінділерді төмендету мақсатында тиісті техникалар жиынтығын пайдалану қажет.

ЕҚТ төменде берілген техникалардың тиісті жиынтығын пайдалануға және сұйылтуды болғызбау үшін білім беру көздеріне барынша жақын қайталама әдістерді пайдалануға арналған.

### 6.11-кесте. Су объектілеріне төгінділерді азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Тазартылатын ластағыштар	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Бастапқы әдістер		
1.1	Оңтайландырылған жану және түтін газын тазарту жүйелері	органикалық қосылыстар, аммиак $\text{NH}_3$	жалпы қолданымды
2 Екінші әдістер*			
2.1	Белсендірілген көмірдегі адсорбция	Органикалық қосылыстар, Hg сынап	жалпы қолданылады
2.2	Аэробты биохимиялық тазарту	биохимиялық ыдырайтын органикалық қосылыстар, аммоний $\text{NH}^+$	Органикалық қосылыстарды тазарту үшін жалпы қолданымды. Аэробты биохимиялық аммоний ( $\text{NH}^+$ ) тазарту хлоридтің жоғары концентрациясында (шамамен 10 г/л) қолданылмауы мүмкін
2.3	Анаэробты биологиялық тазарту	нитрат $\text{NO}_3$ , нитрит $\text{NO}_2$ , сынап Hg	жалпы қолданылады
2.4	Коагуляция және флокуляция	қалқыма қатты заттар	
2.5	Кристалдану	металдар мен металоидтар, сульфат	
2.6	Сүзу (құм, ультрафилтрация арқылы)	қалқыма қатты заттар, металдар	
2.7	Флотация	қалқыма қатты заттар, мұнай	
2.8	Иондық алмасу	металдар	
2.9	Бейтараптандыру	қышқылдар, сілтілер	
2.10	Тотығу	күкіртті қосылыстар $\text{S}^-$ , сульфит	
2.11	Тұтып қалу	Металдар мен металоидтар сульфат	
2.12	тұндыру	қалқыма қатты заттар	
2.13	Айдау	аммиак $\text{NH}_3$	

\* 4-бөлімдегі әдістердің сипаттамасы.

ТШД ЕҚТ қондырғыдан шығарындылардың шығу нүктесінде қабылдаушы су объектісіне тікелей төгінділерге жатады.

### 6.12-кесте. Түтін газын тазалау кезінде су объектілеріне ЕҚТ төгінділерінің деңгейлері

Р/с №	Зат / параметр	ЕҚТ технологиялық көрсеткіштері



1	2	3	
1	ОКМ органикалық көміртегінің жалпы мөлшері	20–50 мг/л <sup>*,**</sup>	
2	COD химиялық оттегісін тұтыну	60–150 мг/л <sup>*,**</sup>	
3	ЛЗ қалқыма қатты заттарының жалпы құрамы	10–30 мг/л	
4	Фторид F	10–25 мг/л <sup>**</sup>	
5	Сульфат	1,3–2,0 г/л <sup>**,***</sup>	
6	Күкіртті қосылыстар S <sup>2-</sup> , оңай бөлінетін	0,1-0,2 мг/л <sup>**</sup>	
7	Сульфит	1–20 мг/л <sup>**</sup>	
8		As	10-50 мкг/л
9		Cd	2-5 мкг/л
10		Cr	10-50 мкг/л
11		Cu	10-50 мкг/л
12		Hg	0,2-3,0 мкг/л
13		Ni	10-50 мкг/л
14		Pb	10-20 мкг/л
15		Zn	50-200 мкг/л

\*

1) ЕҚТ немесе пайдалану кезінде қолданылатын тастаулардың технологиялық көрсеткіштері қолданылады, үшін артықшылықты нұсқа болып табылады, өйткені оның мониторингі уыттылығы жоғары қосылыстарды пайдаланумен ұштаспайды;

2) осы деңгей ЕҚТ-ны пайдалану кезінде кіру жүктемесін шегергеннен кейін қолданылады;

\*\* осы деңгей ЕҚТ-ны пайдалану кезінде күкірттен тазартуды ылғалды тәсілмен пайдаланудан сарқынды суларға ғана қолданылады;

\*\*\*

1) ЕҚТ-ны пайдалану кезінде тастаудың технологиялық көрсеткіштерінің осы деңгейі түтін газдарын тазалау кезінде кальцийлі қосылыстарды пайдалана отырып, отынды жағатын қондырғыларға ғана қолданылады;

2) кальций сульфатының жоғары ерігіштігі салдарынан тұз концентрациясы жоғары сарқынды суларда (мысалы, хлорид концентрациясы > 5 г/л) ЕҚТ пайдалану кезінде төгінділердің технологиялық көрсеткіштерінің жоғарғы шегі қолданылмайды;

3) ЕҚТ-ны пайдалану кезінде тастаудың технологиялық көрсеткіштері теңізге немесе тұзды-сулы объектілерге тастауға қолданылмайды.

#### 6.1.6. Қалдықтарды басқару

ЕҚТ 16. Өртеу және/немесе газдандыру процесі мен тазарту техникасынан кейін кәдеге жаратуға жіберілетін қалдықтардың санын азайту мақсатында.

ЕҚТ пайдалану циклын ескере отырып, келесі шаралар иерархиясын қолдануға арналған:

- 1) қалдықтардың пайда болуының алдын алу;
- 2) Қалдықтарды қайта пайдалануға дайындау;
- 3) қалдықтарды қайта өңдеу;
- 4) Қалдықтарды кәдеге жарату;
- 5) қалдықтарды жою,

төменде берілген техникалардың тиісті жиынтығын енгізу жолымен.

### 6.13-кесте. Қалдықтардың түзілуін азайту және қайта өңдеу техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	Жанама өнім түріндегі гипс өндіру	FGD жүйесі ылғалды әдіспен өндірген кальций негізіндегі реакция қалдықтарының сапасын оларды өндірілген гипстің баламасы ретінде пайдалануға болатындай етіп оңтайландыру (мысалы, гипсокартон өндірісіндегі шикізат ретінде). FGD жүйесінде ылғал қолданылатын әктастың сапасы өндірілген гипстің тазалығына әсер етеді	Гипстің талап етілетін сапасына, әрбір белгілі бір пайдалану бойынша денсаулық сақтау талаптарына және нарықтық жағдайларға байланысты шектеулер шеңберінде жалпыға бірдей қолданылады
2	Құрылыс саласындағы қалдықтарды қайта өңдеу немесе пайдалану	Құрылыс материалы ретінде қалдықтарды (мысалы, жартылай құрғақ тәсілмен күкіртсіздендіру процестерінен, күл шаңынан, күл шлагынан) қайта өңдеу немесе пайдалану (мысалы, жол құрылысында, бетон немесе цемент өндіру саласындағы құмды ауыстыру үшін)	Әрбір белгілі бір пайдалану бойынша материалдың талап етілетін сапасына (мысалы, физикалық қасиеттері, қауіпті заттардың болуы) және нарықтық жағдайларға байланысты шектеулер шеңберінде жалпыға бірдей қолданылады
3	Отын қоспасындағы қалдықтарды пайдалану арқылы энергияны қалпына келтіру	Көмірді, ауыр мазутты жағу нәтижесінде алынған көміртегі мөлшері жоғары күл мен қождың қалдық энергия мөлшері, мысалы, отынмен араластыру арқылы қалпына келтірілуі мүмкін	Егер орнату параметрлері отын қоспасында қалдықтарды қабылдауға мүмкіндік берсе және жану камерасына отын берудің техникалық қабілеттілігін қамтамасыз етсе, жалпыға бірдей қолданылады
4	Қайта пайдалану үшін дезактивацияланған катализаторды дайындау	Катализаторды қайта пайдалануға дайындау (мысалы, СКҚ катализаторлары үшін төрт есеге дейін) бастапқы катализатордың кейбір немесе барлық өнімділігін қалпына келтіреді, осылайша оның қызмет ету мерзімін бірнеше онжылдыққа арттырады. Қайта пайдалану, катализаторды басқару схемасына қосу үшін дезактивацияланған катализаторды дайындау	Қолдану катализатордың механикалық параметрлерімен және $\text{NO}_x$ және $\text{NH}_3$ шығарындыларын бақылау бөлігінде қажетті сипаттамалармен шектелуі мүмкін

#### 6.1.7. Шу шығару

ЕҚТ 17. Шу шығаруды азайту мақсатында ЕҚТ төменде ұсынылған әдістердің біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған

6.14-кесте. Шу шығаруды азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	Жедел шаралар	Бұл әдіске мыналар жатады: жабдықтарды бақылау және техникалық қызмет көрсетуді жақсарту мүмкіндігінше, тұйық үй-жайлардың есіктері мен терезелерін жабу, білікті персонал басқаратын жабдық мүмкіндігінше түнгі уақытта шу жұмыстарынан аулақ болу, техникалық қызмет көрсету кезінде шуды бақылауға арналған ережелер	Жалпы қолданымды
2	Шу деңгейі төмен жабдық	Бұл әдіс теориялық тұрғыдан компрессорларды, сорғыларды және дискілерді қамтиды	Жаңа немесе ауыстырылған жабдықта қолдануға болады
3	Шуды басу	Шудың таралуын шу көзі мен қабылдағыш арасында кедергілерді орнату арқылы азайтуға болады. Тиісті кедергілерге қорғаныс қабырғалары, қорғандар мен ғимараттар кіреді	Жалпы жаңа қондырғыларға қолданылады. Қолданыстағы қондырғыларға қатысты кедергілерді орнату жеткіліксіз кеңістікпен шектелуі мүмкін
4	Шу деңгейін бақылауға арналған құрылғы	Бұл әдіс мыналарды қамтиды: шуылбасқыш жабдықты шуылдан оқшаулау шулы жабдықты қоршау ғимараттарды дыбыстан оқшаулау	Қолдану жеткіліксіз кеңістікпен шектелуі мүмкін
5	Жабдықтар мен ғимараттардың тиісті орналасуы	Шу деңгейін шу көзі мен тұрғын үй массивтері арасындағы қашықтықты ұлғайту арқылы, сондай-ақ ғимараттарды шу экрандары ретінде пайдалану арқылы төмендетуге болады	Жалпы жаңа қондырғыларға қолданылады. Қолданыстағы қондырғыларға қатысты жабдықтар мен өндірістік агрегаттардың орналасуын өзгерту жеткіліксіз кеңістікпен немесе шамадан тыс шығындармен шектелуі мүмкін

КЭР-ге қосу үшін мыналар ұсынылады: басқа көздерді есепке ала отырып (есептеу әдісімен) ЖЭС-тен шудың таралуын модельдеу нәтижелері бойынша айқындалған тұрғын кент тарапынан СҚА шекарасында шудың әсер ету көрсеткіші.

Бұл жағдайда фондық шуды білдіретін ұйымды анықтау қажет.

**Қолданылуы:** осы құжаттың қолданылу шеңберінде елді мекендерде орналасқан н 300 МВт ірі қондырғылар үшін ұсынылады.

6.2. Қатты отынды жағуға арналған ЕҚТ бойынша қорытындылар

Осы бөлімде ұсынылған ЕҚТ қатты отынды жағу кезінде жалпыға бірдей қолданылатын болып табылады. Олар 6.1-бөлімде ұсынылған ЕҚТ бойынша жалпы қорытындыларға қосымша қолданылады.

### 6.2.1. Жалпы экологиялық көрсеткіштер

ЕҚТ 18. Қатты отынды жағу процесінің жалпы экологиялық көрсеткіштерін жақсарту мақсатында және ЕҚТ 4.19-4.24-ке қосымша ретінде ЕҚТ төменде келтірілген әдісті қолдануға арналған

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Қазандықтың жоғары тиімділігін қамтамасыз ететін және NO <sub>x</sub> -ны төмендетудің бастапқы әдістерін қамтитын интеграцияланған жану процесі (мысалы, сатылы ауа беру, отынды сатылы жағу, азот оксидінің (LNB) шығарындылары төмен болатын жағындылар және/немесе түтін газдарының қайта айналымы)	Көмір шаңын жағу, қайнаған қабатта жағу немесе торлы торларда қабатты жағу сияқты жану процестері осындай интеграцияны қамтамасыз етеді	Жалпы қолданымды

### 6.2.2. Энергия тиімділігі

ЕҚТ 19. Қатты отынды жағуға арналған қондырғылардың жалпы қоршаған ортаға әсерін азайту үшін ЕҚТ құрғақ күлді кетіруді қолдануға арналған 12-ЕҚТ-да және төмендегі кестеде ұсынылған әдістердің тиісті жиынтығын пайдалануға арналған ЕҚТ.

Р/с №	Әдісі	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Құрғақ күл шығару	Құрғақ, ыстық күл қож пештен механикалық конвейер жүйесіне түседі және күйдіру пешіне толық жануға бағытталғаннан кейін атмосфералық ауамен салқындатылады. Пайдалы энергия күлді жағу және күлді салқындату арқылы қалпына келтіріледі	Қолданыстағы жану камераларын модернизациялауға кедергі келтіретін техникалық шектеулер болуы мүмкін

6.15-кесте. Тас және қоңыр көмірді жағуға арналған ЕҚТ энергия тиімділігінің деңгейлері

Р/с №	Отын жағатын қондырғының есептік	ЕҚТ ЭТ <sup>*,**</sup>		Отын жылуын пайдалану коэффициенті, % <sup>***,****</sup>
		Электр ПӘК нетто, % <sup>***</sup>		

	жыл У куат ы, МВ т	Жаңа кондырғы ****, *****	Қолданыстағы кондырғы * *****	Жаңа кондырғы	Қолданыстағы кондырғы
1	2	3	4	5	6
1	<1 000	36,5÷41,5*****	30÷32	70÷80	50÷75
2		40÷45	32÷33	75÷90	50÷75

\* ПУ ЕҚТ деректері жұмыс істейтін кондырғыларға қатысты қолданылмайды;

\*\* ЖЭС қатысты ЖЭС кондырғысының конструкциясына байланысты (яғни электр энергиясын өндіруге немесе жылу энергиясын өндіруге бағытталған) «электрлік нетто ПӘК» немесе «Отын жылуын пайдалану коэффициенті» ЕҚТ екі көрсеткішінің біреуі ғана қолданылады;

\*\*\* диапазонның төменгі шегі пайдаланылатын салқындату жүйесінің түрі немесе камераның географиялық орналасуы қол жеткізілген энергия тиімділігіне (төрт пайызға дейін) теріс әсер ететін жағдайларға қатысты болуы мүмкін;

\*\*\*\* ықтимал жылу жүктемесі тым төмен болған кезде бұл деңгейлерге қол жеткізу мүмкін емес;

\*\*\*\*\* ПУЭ ЕҚТ диапазондарының төменгі шектері қолайсыз климаттық жағдайларда, төмен сұрыпты отынмен жұмыс істейтін камераларда және/немесе ескі кондырғыларда (алғаш рет 1985 жылға дейін пайдалануға берілген) қол жеткізіледі;

\*\*\*\*\* ПУЭ ЕҚТ диапазонының жоғарғы шегіне жоғары параметрлер (қысым, температура) жұбы кезінде қол жеткізуге болады;

\*\*\*\*\* қол жеткізілетін қуаттың жақсаруы нақты кондырғыларға байланысты болады, бірақ үш пайыздан астам арттыру кондырғылардың бастапқы конструкциясына және сол кезде жүргізілген жаңғыртуға байланысты қолданыстағы кондырғылар үшін ПУЭ ЕҚТ қолданылғанын ҚҚәландырады;

\*\*\*\*\* ВАТ-АЕЕЛ диапазонының жоғарғы шегі і 600 МВт ТН камераларына қатысты суперкритикалық немесе суперкритикалық бу параметрлерін қолданғанда 45 % дейін жетуі мүмкін.

### 6.2.3. Ауаға NO<sub>x</sub> және СО шығарындылары

ЕҚТ 20. Ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе төмендету мақсатында, ауаға СО және N<sub>2</sub> О шығарындыларын тас және/немесе қоңыр көмірді жағудан бір мезгілде шектеу кезінде төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалану

Қатты отынды жағу кезінде азот оксидтерінің эмиссиясын төмендету қазандық агрегатын қайта құрусыз және қайта құрусыз, сондай-ақ қайталама әдістерді (қазаннан кейін) қолдана отырып, бастапқы әдістерді (от жағу камерасының ішінде) қолдану есебінен іске асырылуы мүмкін.

Азот оксидтерінің түзілу механизмі,  $NO_x$  түзілуінің негізгі көздері, азот оксидтерін қалпына келтіру процестерінің механизмі мен химизмі,  $NO_x$  эмиссиясын азайтудың келтірілген технологияларының сипаттамасы, азот оксидтері эмиссиясының төмендеу дәрежесі, оларды қолдану перспективасы туралы толығырақ ақпарат 4.1.3-бөлімде келтірілген.

6.16-кесте. Қатты отынды жағу кезінде азот және күкірт оксидтерінің шығарындыларын аралас төмендету техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Ескертпе
1	2	3	4
1	Бастапқы әдістер		
1.1	Режимдік-реттеу іс-шаралары		
1.1.1	Артық ауаның бақыланатын төмендеуі	4.1.3.1-бөлімді қараңыз	Қазіргі уақытта отынды жағу процесін бақылайтын аспаптар ( $O_2$ , $CO$ және $NO_x$ концентрациясы) болған кезде қолданылады. $NO_x$ төмендеуі - 10-35 %
1.1.2	Стехиометриялық емес жағу.	4.1.3.2-бөлімді қараңыз	Төмендегілерге қолданылады: жанарғылардың бір деңгейлі қарсы орналасуы, кез-келген конфигурациядағы жанарғылардың екі деңгейлі орналасуы ЕҚТ 4.1.3.5 Қазандықтарды қайта құру арқылы екі сатылы жану (ауаны кезеңді беру).
1.1.3	Қазандықты қайта құрусыз жеңілдетілген екі сатылы жану	4.1.3.3-бөлімді қараңыз	Жанарғылардың екі деңгейлі орналасуына қолданылады
2	Қазандық конструкциясын өзгертуді талап ететін технологиялық әдістер	4.1.3.5-бөлімді қараңыз	
2.1	Ауаны кезеңді беретін төмен эмиссиялық жанарғылар (LNB)	4.1.3.4-бөлімді қараңыз	Қазандықты және оның бу-су жолын айтарлықтай қайта құрусыз қолдануға болады. Қыздырғыш қолданыстағы амбразураға орнатылады. $NO_x$ төмендеуі - 30-50 %
2.2	Қазандықтарды қайта құру арқылы екі сатылы жағу (ауаны кезеңді беру)	4.1.3.5-бөлімді қараңыз	Салыстырмалы түрде қымбат әдіс. Үшінші ауаның ауа өткізгіштерін төсеу, экрандық қыздыру беттеріне ауа шүмектерін орнату қажет. $NO_x$ төмендеуі - 30-50 %
2.3	Төмен эмиссиялық жанарғылар мен екі сатылы жанарғылардың комбинациясы	4.1.3-бөлімді қараңыз	$NO_x$ төмендеуі - 75 % дейін
			Жұмыс істеп тұрған қазандықта толық жүзеге асырмау

2.4	Үш сатылы жағу.	4.1.3.6-бөлімді қараңыз	Перспективалы жаңа қазандықта запроектованным 3 сатылы жағу. NO <sub>x</sub> төмендеуі-40-75 %
2.5	Төмен эмиссиялық жанарғылар мен үш сатылы жағудың комбинациясы	4.1.3-бөлімді қараңыз	NO <sub>x</sub> төмендеуі-75-80 % дейін
2.6	Концентрлік жағу	4.1.3.7-бөлімді қараңыз	Тангенциалды оттықтар үшін қолданылады. Ол «көлденең қадаммен» және «вертикаль бойынша қадаммен» жүзеге асырылады. Көмірдің түріне байланысты NO <sub>x</sub> төмендеуі-20-50 %
2.7	Шаңды алдын ала қыздыратын жанарғылар	4.1.3.8-бөлімді қараңыз	ЖЭС-те табиғи газ немесе синтез-газ болған кезде жүзеге асырылады. Шаң дайындау жүйесін қайта құрусыз өндірістік бункері бар қазандықта. Тікелей Үрлеу кезінде қосымша жабдықты орнату арқылы қайта құру қажет. Көмірдің түріне байланысты NO <sub>x</sub> 2-3 есе төмендеуі.
2.8	Түгін газының рециркуляциясы	4.1.3.9-бөлімді қараңыз	Қолданыстағы қазандықта іске асырылуы мүмкін. NO <sub>x</sub> төмендеуі - жоғары реактивті көмір үшін 10-20 %. Төмен реактивтер үшін жағымсыз, алаудың жану тұрақтылығы бұзылады.
2.9	Жоғары концентрациялы шаң (ЖКШ)	4.1.3-бөлімді қараңыз	Өндірістік бункері бар қазандықта сатылады. NO <sub>x</sub> -ті 30 %-ға дейін төмендету
3	Екінші әдістер		
3.1	Селективті каталикалық емес қалпына келтіру (СКЕК)	4.1.3.12-бөлімді қараңыз	Қолданыстағы қазандықта іске асыруға болады. Жылына 2000 сағаттан кем жұмыс істейтін қондырғыларда қолдануға болмайды
3.2	Селективті каталикалық қалпына келтіру (СКК)	4.1.3.13-бөлімді қараңыз	Жаңа қазандықта іске асыру. 300 МВт кем қазандықта орынсыз

**6.17-кесте. Қатты отынды жағу кезінде азот және күкірт оксидтері шығарындыларын аралас төмендету техникасы**

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Ескертпе
1	2	3	4
1	Ылғалды озон-аммоний әдістері	4.1.4-бөлімді қараңыз	Эмиссияны төмендету: SO <sub>2</sub> -90 % дейін; NO <sub>x</sub> , - 75 % дейін
2	Ылғалды аммоний-карбамид әдістері.	4.1.4-бөлімді қараңыз	Эмиссияны төмендету: SO <sub>2</sub> -90-95 %; NO <sub>x</sub> , - 20-30 %
3	Электронды-сәулелік радиациялық-химиялық) әдіс	4.1.4-бөлімді қараңыз	Эмиссияны төмендету: SO <sub>2</sub> - 80-90 %; NO <sub>x</sub> , - 50-70 %

**6.18-кесте. Көмірді жағу үшін ауаға NO<sub>x</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК**

Қондырғы	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/нм <sup>3</sup>
----------	--

Рның / жылу с қуаты № МВт	Орташа жылдық мәні		Орташа тәуліктік мән	
	Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы *	Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы

1	2	3	4	5	6
1	<100	100-150	300-415	155-200	330-450
2		50-100	180-195	80-130	200-210
3		50-85	180-195	80-125	200-210
4	300, қайнаған қабат қазандығы ҚҚ	65-85	-	80-125	-

\* ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК деректері <2 000 сағ/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды.

2 000 сағ/жыл жұмыс істейтін қолданыстағы отын жағатын қондырғылар үшін немесе жаңа отын жағатын қондырғылар үшін СО шығарындыларының орташа жылдық мәні мыналарды құрайды.

6.19-кесте. Көмірді жағу үшін ауаға СО ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Отын жағатын қондырғының есептік жылу қуаты, МВт	СО шығарындыларының болжамды деңгейі (мг/нм <sup>3</sup> )
1	2	3
1	<300	<30-140
2	300 (көмір шаң қазандығы, ШҚ)	<30-100
3		<5-100

#### 6.2.4. SO<sub>2</sub> ауаға шығарындылары

ЕҚТ 21. Тас және/немесе қоңыр көмірді жағудан ауаға SO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалану, ал толығырақ 4.1.2-бөлімде

6.20-кесте. Қатты отынды жағу кезінде SO<sub>2</sub> шығарындыларын азайтуға арналған техникалар

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Ескертпе
1	2	3	4
1	Аз күкіртті отынды пайдалану	4.1.2.2-бөлімді қараңыз	Мыналар кезінде қолданылады: жобалау сатысында сындай көмірдің болуы қазандықты айтарлықтай реконструкциялаусыз экономикалық орындылығы



2	Көмірді күкірттен жанғанға дейін тазарту	4.1.2.1-бөлімді қараңыз	Мыналар кезінде орта мерзімді кезеңде ауқымды қолдану: көмірді байыту, колчедан және сульфатты күкірттің үлкен үлесі
3	Жану кезінде күкірт диоксидінің төмендеуі.	4.1.2.3-бөлімді қараңыз	Мыналар кезінде мүмкін, перспективалы кезеңде: ЦПҚ жүзеге асыру синтез-газ алу
4	Отыны бар оттыққа сорбенттерді беру арқылы күкірт диоксидін азайту	4.1.2.4-бөлімді қараңыз	Қажет болған жағдайда қазіргі уақытта қолданылады
5	Циклдік емес ылғалды әктас әдісі	4.1.2.6-бөлімді қараңыз	Жаңа қондырғылар үшін жобалау сатысында қолданылады
6	O <sub>2</sub> тұтып қалудың ылғалдыды циклді әдістері	4.1.2.7-бөлімді қараңыз	Жаңа қондырғылар үшін жобалау сатысында қолданылады
7	Магнезитті циклдік әдіс	4.1.2.8-бөлімді қараңыз	Жаңа қондырғылар үшін жобалау сатысында қолданылады
8	Аммиак әдісі	4.1.2.9-бөлімді қараңыз	Жаңа қондырғылар үшін жобалау сатысында қолданылады
9	Қос сілтілі технология	4.1.2-бөлімді қараңыз	Жаңа қондырғылар үшін жобалау сатысында қолданылады
10	Құрғақ әктас технологиясы	4.1.2-бөлімді қараңыз	Қажет болған жағдайда қазіргі уақытта қолданылады
11	«Лифак» түтін газдарын жартылай құрғақ күкіртсіздендіру әдісі	4.1.2.11-бөлімді қараңыз	Қазіргі уақытта ылғалды күлді ұстау жүйесі бар қазандықтарда қолданылады, мысалы, Вентури құбырлары, эмульгаторлар
12	Жеңілдетілген ылғалды-құрғақ технология	4.1.2.10-бөлімді қараңыз	Қазіргі уақытта құрғақ күлді тұтып қалу жүйесі бар қазандықтарда қолданылады, мысалы, электр сүзгілері
13	Айналымдағы инертті массасы бар күкірттен тазарту технологиясы	4.1.2.12-бөлімді қараңыз	Қазіргі уақытта құрғақ күлді тұтып қалу жүйесі бар қазандықтарда қолданылады, мысалы, электр сүзгілері
14	NID технологиясы бойынша жартылай құрғақ күкіртті тазалау технологиясы	4.1.2.13-бөлімді қараңыз	Қазіргі уақытта құрғақ күлді тұтып қалу жүйесі бар қазандықтарда қолданылады, мысалы, электр сүзгілері

**6.21-кесте. Көмірді жағу үшін ауаға SO<sub>2</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК**

Қондырғыны / жыл су жұаты (МВт т)	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/нм <sup>3</sup>			
	Орташа жылдық мәні		Орташа тәуліктік мәні	Орташа тәуліктік мән
	Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы	Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы

1	2	3	4	5	6
1	<100	150-200	360	170-220	400
2	100–300	80-150	190-220	135-200	220-250
3	300 (шаң көмір қаза ндығы, ШҚ)	10-75	150-175	25-110	165-200
4	300, қайнаған қабақт қаза ндығы ҚҚ	20-75	-	25-110	-

### 6.2.5. Ауаға шаң шығарындылары

ЕҚТ 22. Тас көмірді және/немесе қоңыр көмірді жағудан ауаға шаң мен байланысты металл бөлшектерін шығаруды төмендету мақсатында төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалану қажет.

6.22-кесте. Қатты отынды жағу кезінде шаң шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Электр сүзгісі	4.1.1-бөлімді қараңыз	жалпы қолданымды
2	Жылжымалы электродтары бар электр сүзгісі	4.1.1-бөлімді қараңыз	
3	Қапшық сүзгілер	4.1.1-бөлімді қараңыз	
4	Эмульгаторлар	4.1.1-бөлімді қараңыз	
5	Түтін газын ылғалды тәсілмен күкіртсіздендіру	4.1.2-бөлімді қараңыз	ЕҚТ 68 үйлесімде ЕҚТ 21 қолдану
6	Сорбентті қазандыққа енгізу		

6.23-кесте. Қатты отынды жағу үшін ауаға шаңның ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Қондырғының жылу қуаты, МВт	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг / нм <sup>3</sup>			
		Жылдық орташа мәні		Орташа тәуліктік мәні	Орташа тәуліктік мән
		Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы	Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы

1	2	3	4	5	6
1	<100	30-50	65-180	35-60	70-200
2		30-50	65-180	35-60	70-200
3		30-50	65-180	35-60	70-200
4		30-60	65-180	35-70	70-200

### 6.3. Сұйық отынды жағуға арналған ЕҚТ қорытындысы

Осы бөлімде ұсынылған ЕҚТ теңіз платформаларындағы отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды; олар 6.6-бөлімде көзделген.

#### 6.3.1. Сұйық отынмен жұмыс істейтін қазандықтар

Осы бөлімде ұсынылған ЕҚТ қазандықтарда сұйық отынды жағу үшін жалпыға бірдей қолданылатын болып табылады. Олар 6.1-бөлімде ұсынылған ЕҚТ бойынша жалпы қорытындыларға қосымша қолданылады.

##### 6.3.1.1. Энергия тиімділігі

3-тарауда отын жылуын пайдалану коэффициенті (ЕҚТ ЭТ) түріндегі аралас өндірістің энергия тиімділігі көрсеткіші айқындалды. 6.23-кестеде сұйық отынды жағатын қазандықтар үшін электр пәк және ОПК шекті деңгейлері келтірілген.

6.24-кесте. Сұйық отынды жағатын қондырғылардың энергия тиімділігінің деңгейлері

Р/с №	Тпиді	ЕҚТ ЭТ*	
		Электрлік ПӘК-і, %	Отын жылуын пайдалану коэффициенті, ОПК, % **, ***

1	2	3		4	
1	мазутты және/немесе дизель отынын жағатын қазандық	жаңа	қолданыстағы	жаңа	қолданыстағы
2		36-дан кем емес	30,0-33,0	70-90	50-75

\* ЕҚТ ПЭТ деректері жұмыс істейтін қондырғыларға қатысты қолданылмайды;

\*\* ЖЭС қондырғыларына қатысты ЖЭС қондырғысының конструкциясына байланысты (яғни, немесе электр энергиясын өндіруге немесе жылу энергиясын өндіруге бағытталған) «электрлік нетто ПӘК» немесе «Отын жылуын пайдалану коэффициенті» екі ЕҚТ ЭТ біреуі ғана қолданылады;

\*\*\* Ықтимал жылу жүктемесі тым төмен болған кезде бұл деңгейлерге қол жеткізу мүмкін емес.

### 6.3.1.2. Ауаға NO<sub>x</sub>, аО<sub>x</sub> және СО шығарындылары

ЕҚТ 23. Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде ауаға со шығарындыларын бір мезгілде шектеу кезінде ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында төменде ұсынылған техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалану.

6.25-кесте. Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде NO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Ескертпе
1	2	3	4
1	Ауаның сатылы берілуі	4.1.3 және 5.2.4-бөлімдерді қараңыз	жалпы қолданымды жылына 2000 сағаттан кем жұмыс істейтін қондырғыларда қолдануға болмайды
2	Отынды сатылы жағу		
3	Түгін газының қайта айналымы		
4	Төмен эмиссиялық жанарғылар		
5	Су немесе бу бүрку		
6	СКЕҚ		< 300 МВт қондырғыларда қолданылмайды
7	СКҚ		жаңа қондырғыларда міндетті түрде
8	ТПАБЖ	6.10.2-бөлімді қараңыз	жобалау сатысында қолданылады
9	Отынды таңдау	4.6.3-бөлімді қараңыз	

6.26-кесте. Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде NO<sub>x</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р / Қондырғыны ң жылу қуаты с №	МВт	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/нм <sup>3</sup>			
		орташа жылдық мәні		орташа тәуліктік мәні	
		жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы * **	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы *
1	2	3	4	5	6
1	<100	75-200	400-450	100-215	450-500
2		45-75	400-450 <sup>2)</sup>	85-100	450-500

\* ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғылар үшін қолданылмайды және бағдарлы болып табылады;  
\*\* төменгі мәні - 1991 жылғы 1 қаңтардан кейін шығарылған қазандықтар үшін, жоғарғы мәні - 1991 жылғы 1 қаңтарға дейін шығарылған қазандықтар үшін.

6.27-кесте. Мазут немесе дизель отынын жағатын қондырғыларға арналған СО ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/нм <sup>3</sup>
--

Қо нд ыр ғы ны ң жы лу ку ат ы, М Вт	орташа жылдық мәні, мг/нм <sup>3</sup>		орташа тәуліктік мәні, мг/нм <sup>3</sup>	
	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы * **	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы * **
12	3	4	5	6
1<100	10-30	15-40	15-35	20-45
2	10-20	15-35	15-25	20-40

\* ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғылар үшін қолданылмайды және бағдарлы болып табылады;  
\*\* төменгі мәні - 1991 жылғы 1 қаңтардан кейін шығарылған қазандықтар үшін, жоғарғы мәні - 1991 жылғы 1 қаңтарға дейін шығарылған қазандықтар үшін.

### 6.3.1.3. SO<sub>2</sub> ауаға шығарындылары

ЕҚТ 24. Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде SO<sub>2</sub> ауаға шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында ЕҚТ төменде ұсынылған техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.28-кесте. Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде eO<sub>2</sub> шығарындыларын азайту техникасы немесе бірнеше әдістердің жиынтығы

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Ескертпе
1	2	3	4
1	Озон-аммиакты	4.1.2 және 5.2.4-бөлімдерді қараңыз	жалпы қолданымды
2	Трилон Б сулы-сілтілі ерітіндісімен абсорбциялық тазарту		
3	Құрғақ әдіс		
4	Абсорбциялық-каталитикалық		
5	Ылғал-эктас әдісі (ЫӨӨ)		
6	Аммиак-сульфат технологиясы (АСТ)		
7	Түтін газының конденсаторы		
8	Теңіз суын пайдаланатын ЫӨӨ	4.1.2-бөлімді қараңыз	2000 сағ/г кем жұмыс істейтін қондырғыларда қолдануға болмайды
9	Отынды таңдау	4.6.3-бөлімдерді қараңыз	жобалау сатысында қолданылады

6.29-кесте. Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде eO2 ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Жиынтық жылдық / сәуір-маусым айы	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/нм <sup>3</sup>			
	орташа жылдық мәні, мг/нм <sup>3</sup> **		Орташа тәуліктік мәні немесе сынағаларды іріктеу кезеңіндегі орташа мәні, мг/нм <sup>3</sup>	
Р/с №	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы *	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы *
12	3	4	5	6
1	50-175	600-1000	100-250	750-1400
2	50-200	700-1200		
3	35-100	500-800	75-200	600-950
4	50-150	550-850		

\* ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғылар үшін қолданылмайды және бағдарлы болып табылады;

\*\* отындағы күкірттің құрамына байланысты.

6.3.1.4. Ауаға шаң мен байланысқан металл бөлшектерінің шығарындылары

ЕҚТ 25. Қазандықтарда мазутты және/немесе дизель отынын жағудан ауаға шаң мен байланысты металл бөлшектерін шығаруды төмендету мақсатында ЕҚТ төменде ұсынылған техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.30-кесте. Сұйық отынды жағу кезінде шаң мен байланысқан металл бөлшектерін азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Электр сүзгісі	4.1.1-бөлімді қараңыз	Жалпы қолданымды
2	Қапшық сүзгілер		
3	Мультициклондар	4.1.1-бөлімді қараңыз мультициклондарды шаң аулаудың басқа әдістерімен пайдалануға болады	
4	Құрғақ немесе жартылай құрғақ тәсілмен күкірттен тазарту жүйесі	4.1.2-бөлімді қараңыз бұл әдіс негізінен SO <sub>x</sub> шығарындыларын бақылау үшін қолданылады	ЕҚТ 64 қолданылуын қараңыз
5	Дымқыл жолмен күкірттен тазарту	4.1.2-бөлімді қараңыз бұл әдіс негізінен SO <sub>x</sub> шығарындыларын бақылау үшін қолданылады	

6	Отынды тандау	4.6.3-бөлімді қараңыз	Әр түрлі отын түрлерінің болуына байланысты қолданылады
---	---------------	-----------------------	---

6.31-кесте. Қазандықтарда сұйық отынды жағу кезінде шаңның ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Қондырғының жылу қуаты, МВт	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/нМ <sup>3</sup>			
		орташа жылдық мәні, мг/нМ <sup>3</sup>		сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа тәуліктік мәні немесе орташа мәні, мг/нМ <sup>3</sup>	
		жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы*	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы
1	2	3	4	5	6
1	<300	2-10	2-20	7-18	7-25
2		2-5	2-10	7-10	7-15

\* ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды.

### 6.3.2. Сұйық отынмен жұмыс істейтін қозғалтқыштар

Сұйық отынды жағатын қолданыстағы қондырғылар, қозғалтқыштар үшін қайталама тазалау әдістері олар оқшауланған немесе жүйеде жұмыс істейтініне қарамастан ЕҚТ жөніндегі анықтамалықтың ережелерін ескере отырып қолданылады.

#### 6.3.2.1. Энергия тиімділігі

ЕҚТ 26. Сұйық отынды жағу процесінің энергия тиімділігін арттыру мақсатында аралас циклде поршенді қозғалтқыштарды пайдалану.

6.32-кесте. Сұйық отынмен жұмыс істейтін поршенді қозғалтқыштардың энергия тиімділігін арттыру техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Аралас цикл	5.2; 6.10.2-бөлімдерін қараңыз	>2000 сағ/жыл жұмыс істейтін қондырғылар үшін жалпы қолданылады Бу цикліне және өндірістік алаңның болуына байланысты қолданыстағы қондырғыларға қолданылады <2000 сағ/жыл жұмыс істейтін қолданыстағы қондырғыларға қолданылмайды

6.33-кесте. Сұйық отынды жағатын поршенді қозғалтқыштарға арналған ЕҚТ энергия тиімділігінің деңгейлері\*

Р/с №	Жану камерасының түрі	Электрлік ПӘК нетто, %	
		жаңа камера	қолданыстағы камера
1	2	3	4

1	Қарапайым цикл бойынша мазут және/немесе дизель отынымен жұмыс істейтін поршеньді қозғалтқыш	41,5	38,3
2	Аралас цикл бойынша мазутпен және/немесе дизель отынымен жұмыс істейтін поршеньді қозғалтқыш	>48	>44,5

\* ЕҚТ осы деңгейлері <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды.

### 6.3.2.2. Поршеньді қозғалтқыштардан ауаға NO<sub>x</sub> және СО шығарындылары

ЕҚТ 27. Поршеньді қозғалтқыштарда сұйық отынды жағу кезінде ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында ЕҚТ төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған

6.34-кесте. Сұйық отынды жағатын поршеньді қозғалтқыштар үшін NO<sub>x</sub> азайту

техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Дизельді қозғалтқыштардағы азот оксидтерінің шағын шығарындыларымен жану қағидаты	4.1.3; 5.2 бөлімдерді қараңыз	Жалпы қолданымды
2	Пайдаланылған газдарды қайта жағу жүйесі (EGR)		Төрт тактілі қозғалтқыштарға қолданылмайды
3	Су/бу бүрку		Су болған жағдайда қолданылады. Жаңғырту бағдарламасы болмаған жағдайларда қолдану шектелуі мүмкін
4	СКҚ		<2000 сағ/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолдануға болмайды. Техникалық және экономикалық шектеулер болуы мүмкін. Кеңістіктің болмауына байланысты шектеулер

ЕҚТ 28. Поршеньді қозғалтқыштарда сұйық отынды жағудан СО шығарындыларын болғызбау және азайту мақсатында ЕҚТ төменде берілген бір немесе екі техниканы қолдануға арналған.

6.35-кесте. Поршеньді қозғалтқыштарда сұйық отынды жағудан ауаға СО шығарындыларын төмендету техникасы

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Жағуды оңтайландыру	4.1.5; 5.2 бөлімдерді қараңыз	Жалпы қолданымды
2	Тотығу катализаторлары		<2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды Күкірт құрамы бойынша шектеу



6.36-кесте. Поршеньді қозғалтқыштарда сұйық отынды жағудан ауаға NO<sub>x</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

P/c №	Қондырғының жылу қуаты, МВт	Орташа жылдық мәні, мг/Нм <sup>3</sup>		Сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа тәуліктік мәні немесе орташа мәні, мг/Нм <sup>3</sup>	
		жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы*	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы
1	2	3	4	5	6
1		115-190	585-675	145-250	650-700

\* ЕҚТ шығарындыларының осы деңгейлері <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға немесе қайталама тазалау құралдарымен жабдықтау мүмкіндігі жоқ қондырғыларға қолданылмайды.

6.37-кесте. Сұйық отынды жағатын поршеньді қозғалтқыштар үшін СО ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

P/c №	Қондырғының жылу қуаты, МВт	орташа жылдық мәні, мг/Нм <sup>3</sup>		сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа тәуліктік мәні немесе орташа мәні, мг/Нм <sup>3</sup>	
		жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы*	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы
1	2	3	4	5	6
1		50-175	180-200	60-200	200-250

\* ЕҚТ шығарындыларының осы деңгейлері <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды.

6.3.2.3. Поршеньді қозғалтқыштардан ауаға аО<sub>x</sub> шығарындылары

ЕҚТ 29. Поршеньді қозғалтқыштарда сұйық отынды жағудан нО<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау және азайту мақсатында ЕҚТ төменде ұсынылған техникалардың біреуін немесе жиынтығын қолдануға арналған.

6.38-кесте. Поршеньді қозғалтқыштарда сұйық отынды жағудан ауаға SO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту техникалары

P/c №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Отынды тандау	4.1.2; 5.1.4.3 -бөлімдерді қараңыз	Әр түрлі отын түрлері болған кезде қолданылады
2	Қозғалтқыш жолына сорбенттерді енгізу		қолданыстағы қондырғылар үшін техникалық шектеулер болуы мүмкін
3	Сулы тәсілмен күкіртсіздендіру		<300 МВт қондырғылар үшін техникалық және экономикалық шектеулер болуы мүмкін

6.39-кесте. Сұйық отынды жағатын поршенді қозғалтқыштар үшін SO<sub>x</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Қондырғының жылу қуаты, МВт	орташа жылдық мәні, мг/Нм <sup>3</sup>		сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа тәуліктік мәні немесе орташа мәні, мг/Нм <sup>3</sup>	
		жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы *	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы
1	2	3	4	5	6
1	Барлық өлшемдер	45-100	220-280	60-110	250-300

\* ЕҚТ шығарындыларының осы деңгейлері <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды.

**6.3.2.4. Поршеньді қозғалтқыштардан ауаға шаң мен байланысқан металл бөлшектерінің шығарындылары**

ЕҚТ 30. Поршеньді қозғалтқыштарда сұйық отынды жағудан шаң мен байланысты металл бөлшектерін ауаға шығаруды азайту үшін ЕҚТ төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.40-кесте. Сұйық отынды жағатын поршенді қозғалтқыштар үшін шаң мен байланысқан металл бөлшектерін азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Отынды таңдау	4.1.1-бөлімді қараңыз	Әр түрлі отын түрлері болған кезде қолданылады
2	Электр сүзгісі		<2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды
3	Қапшық сүзгілер		

6.41-кесте. Сұйық отынды жағатын поршенді қозғалтқыштар үшін шаң мен байланысқан металл бөлшектерінің ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Қондырғының жылу қуаты, МВт	орташа жылдық мәні, мг/Нм <sup>3</sup>		сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа тәуліктік мәні немесе орташа мәні, мг/Нм <sup>3</sup>	
		жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы *	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы
1	2	3	4	5	6
1		5-10	5-35	10-20	10-45

\* ЕҚТ шығарындыларының осы деңгейлері <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды.

### 6.3.3. Сұйық отындағы газ турбиналары

Қазақстанда негізінен газ турбиналары табиғи немесе ілеспе мұнай газымен жұмыс істейді, дизель отыны резервтік отын ретінде пайдаланылады.

#### 6.3.3.1. Энергия тиімділігі

ЕҚТ 31. Газ турбиналарында дизель отынын жағу процесінің энергия тиімділігін арттыру мақсатында оларды аралас циклде пайдалану.

6.42-кесте. Сұйық отынмен жұмыс істейтін газ турбиналарының энергия тиімділігін арттыру техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Аралас цикл	3.4; 5.2; 6.10.2 бөлімдерді қараңыз	>2000 сағ/жыл жұмыс істейтін қондырғылар үшін жалпы қолданылады Бу цикліне және өндірістік алаңның болуына байланысты қолданыстағы ГТ жану камераларына қолданылады Қолданыстағы қондырғыларға қолдануға болмайды, жұмыс істейтін < 2000 сағ/жыл

6.43-кесте. Сұйық отынмен жұмыс істейтін газ турбиналарының энергия тиімділігін арттыру деңгейлері\*

Р/с №	Жану камерасының түрі	Электрлік ПӘК нетто, %	
		жаңа камера	қолданыстағы камера
1	2	3	4
1	Дизель отынымен жұмыс істейтін ашық циклді газ турбинасы	>33	25-33
2	Аралас цикл бойынша дизель отынымен жұмыс істейтін газ турбинасы	>40	33-40

\* ЕҚТ осы деңгейлері <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды

#### 6.3.3.2. Ауаға NO<sub>x</sub> және СО шығарындылары

ЕҚТ 32. Газ турбиналарының жану камераларында дизель отынын жағудан ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында, ЕҚТ төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.44-кесте. Дизель отынын жағатын газ турбиналарына арналған NO<sub>x</sub> шығарындыларын төмендету техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Су / бу бүрку		судың қол жетімділігі кезінде шектеу

2	Микроалаулы алдыңғы құрылғы	3.3; 4.1.3.13; 5.2; 7.3.11 - бөлімдерді қараңыз	КС конструкциясы бойынша техникалық шектеулер
3	СКҚ		Қолданыстағы қондырғыларға қолдануға болмайды, жұмыс істейтін < 2000 сағ/жыл Техникалық және экономикалық шектеулер болуы мүмкін. Кеңістіктің болмауына байланысты шектеулер

ЕҚТ 33. Газ турбиналарында дизель отынын жағудан с шығарындыларын болғызбау және азайту мақсатында ЕҚТ төменде берілген бір немесе екі техниканы қолдануға арналған.

6.45-кесте. Дизель отынын жағатын газ турбиналарына арналған СО шығарындыларын төмендету техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Жағуды оңтайландыру		Жалпы қолданымды
2	Тотығу катализаторлары	3.3; 5.2; 6.10.2 -бөлімдерді қараңыз	<2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды Күкірт құрамы бойынша шектеу

6.46-кесте. Дизель отынын жағатын газ турбиналарына арналған NOx ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Қондырғының жылу қуаты, МВт	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/нм <sup>3</sup>			
		орташа жылдық мәні, мг/Нм <sup>3</sup>		сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа тәуліктік мәні немесе орташа мәні, мг/Нм <sup>3</sup>	
		жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы *	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы *
1	2	3	4	5	6
1		40-75	70-120	50-100	100-150

\* ЕҚТ шығарындыларының осы деңгейлері <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға немесе қайталама тазалау құралдарымен жабдықтау мүмкіндігі жоқ қондырғыларға қолданылмайды.

6.47-кесте. Дизель отынын жағатын газ турбиналарына арналған СО ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Қондырғының жылу қуаты, МВт	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/нм <sup>3</sup>			
		орташа жылдық мәні, мг/Нм <sup>3</sup>		сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа тәуліктік мәні немесе орташа мәні, мг/Нм <sup>3</sup>	
		жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы *	жаңа қондырғы	қолданыстағы қондырғы
1	2	3	4	5	6
1		100-175	150-200	150-200	175-225



Н е к о л д а н ы с т а ғ ы қ о н д ы р ғ ы л а р . Б а р л ы қ ө л ш е м д е р	35-60	150-200	5-10	10-35	50-66	175-235	10-15	15-45
--	-------	---------	------	-------	-------	---------	-------	-------

\* ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК <2000 с/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды.

#### **6.4. Газ тәрізді отынды жағуға арналған еқт қорытындысы 6.4.1. Табиғи газды жағуға арналған ЕҚТ бойынша қорытындылар**

Осы бөлімде ұсынылған ЕҚТ бойынша қорытындылар табиғи газды жағу үшін жалпыға бірдей қолданылатын болып табылады. Олар 6.1-бөлімде ұсынылған ЕҚТ бойынша жалпы қорытындыларға қосымша қолданылады.

##### **6.4.1.1. Энергия тиімділігі**

ЕҚТ 35. Табиғи газды жағу процесінің энергия тиімділігін арттыру мақсатында ЕҚТ төменде келтірілген техникалардың тиісті жиынтығын пайдалануға арналған.

6.50-кесте. Табиғи газды жағу процесінің энергия тиімділігін арттыру техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Аралас цикл	Екі немесе одан да көп термодинамикалық циклдардың жиынтығы, мысалы, бірінші циклдің түтін газынан жылу шығынын кейінгі циклдің (циклдердің) пайдалы энергиясына айналдыру мақсатында Ранкин циклімен (бу турбинасы/қазандық) Брайтон циклі (газ турбинасы)	Жұмыс істеушілерді қоспағанда, жаңа газ турбиналары мен қозғалтқыштарына жалпыға бірдей қолданылады. Бу циклінің схемасына және өндірістік алаңның болуына байланысты қолданыстағы газ турбиналары мен қозғалтқыштарға қолданылады. <2000 с/жыл жұмыс істейтін қолданыстағы газ турбиналары мен қозғағыштарға, механикалық жетекке арналған, жүктеменің кеңейтілген ауытқуларымен, жиі іске қосумен және тоқтатумен мерзімді режимде жұмыс істейтін газ турбиналарына қолданылмайды. Қазандықтарға қолданылмайды.

Табиғи газды жағуға арналған ЕҚТ-мен байланысты энергия тиімділігінің деңгейлері 6.50-кестеде келтірілген.

6.51-кесте. Табиғи газды жағуға арналған ЕҚТ энергия тиімділігінің шекті деңгейлері

Р/с №	Жану камерасының түрі	ЕҚТ ЭТ <sup>*</sup> , **		Отын жылуын пайдалану коэффициенті, % <sup>***, ****</sup>
		Электрлік ПӘК нетто, %	Жаңа қондырғы	
1	2	3	4	5
1	Газ поршеньді қондырғы	39,5-44,0	35-40	50-75
2	Газбен жұмыс істейтін қазандық	39,0-42,5	38-40	70-80
3		36,0-41,5	31,5-33	ПУ жоқ
4	Аралас циклді газ турбинасы (БГҚ)			
5	БГҚ 50-600 МВт	53,0-58,5	46,0-54,0	ПУ жоқ
6		57,0-60,5	50,0-60,0	ПУ жоқ
7	БГҚ 50-600 МВт	53,0-58,5	46,0-54,0	55,0-65,0
8		57,0-60,5	50,0-60,0	

\* ЕҚТ-ЭТ деректері < 2 000 сағ/жыл кезінде жұмыс істейтін камераларға қатысты қолданылмайды;

\*\* ЖЭО қондырғыларына қатысты екі ЕҚТ-ЭТ-ның біреуі ғана қолданылады: ЖЭО қондырғысының конструкциясына байланысты электр ПӘК нетто 'немесе «отынды жиынтық пайдалану» (яғни электр энергиясын өндіруге немесе жылу энергиясын өндіруге неғұрлым бағытталған);

\*\*\* ЕҚТ-ЭТ Отынды жиынтық пайдалануға әлеуетті жылу жүктемесі тым төмен болған кезде қол жеткізуге болмайды;

\*\*\*\* ЕҚТ-ЭТ деректері тек электр энергиясын өндіретін камераларға қолданылмайды.

#### 6.4.1.2. Ауаға NO<sub>x</sub>, CO, метан емес қосылыстар (ҰМОҚ) және CH<sub>4</sub> шығарындылары

Қазандықтарда табиғи газды жағудан ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында төмендегі кестеде ұсынылған әдістердің бір немесе жиынтығынан тұратын ЕҚТ қолданылады.

ЕҚТ 36. Табиғи газды қазандықтарда жағудан ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында ЕҚТ төменде ұсынылған техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.52-кесте. Қазандықтарда табиғи газды жағу кезінде азот тотықтарының шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Ауаның сатылы берілуі және /немесе отынның сатылы жануы	Сипаттаманы 4.1.3.3; 6.10.2-бөлімде қараңыз. Ауаның сатылы берілуі көбінесе азот оксидтерінің аз шығымдылығы бар жанарғылармен байланысты	Жалпы қолданымды
2	Түтін газының қайта айналымы	Сипаттаманы 4.1.3.4; 4.1.3.9;	
3	Азот оксидінің шығымы төмен жанарғылар (LNB)	6.10.2-бөлімде қараңыз.	
4	Жетілдірілген басқару жүйесі	6.1.1; 6.10-бөлімде қараңыз. Бұл әдіс көбінесе басқа әдістермен бірге қолданылады немесе өздігінен <2000 сағ/жыл жұмыс істейтін жанармай жағатын қондырғылар үшін қолданыла алады	Ескі жанармай жағатын қондырғыларға қолдану жану жүйесін және/немесе басқару жүйесін модернизациялау қажеттілігімен шектелуі мүмкін
5	Жану ауасының температурасын төмендету		Технологиялық қажеттіліктермен байланысты шеңберде қолданылады



6	Селективті каталитикалық емес қалпына келтіру (СКЕК)	Сипаттаманы 4.1.3.12; 6.10.2-бөлімде қараңыз	Қазандықтың жүктемесі өте өзгермелі <2000 с/жыл жұмыс істейтін отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды 2000 сағ/жыл - 2 500 сағ/жыл шегінде жұмыс істейтін қазандықтың өте ауыспалы жүктемесімен отын жағатын қондырғыларға қатысты қолданылуы шектелуі мүмкін.
7	Селективті каталитикалық қалпына келтіру (СКК)	Сипаттаманы 4.1.3.13; 6.10.2-бөлімде қараңыз	2000 сағ/жыл жұмыс істейтін отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды. Негізінен отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды Жылына 1500 сағат - 2500 сағат аралығында жұмыс істейтін қолданыстағы жанармай жағатын қондырғыларды жаңғырту үшін экономикалық шектеулер болуы мүмкін.

Газ турбиналарында табиғи газды жағудан ауаға NOx шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында төмендегі кестеде ұсынылған әдістердің бір немесе жиынтығынан тұратын ЕҚТ қолданылады.

ЕҚТ 37. Газ турбиналарында табиғи газды жағудан ауаға NOx шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында, ЕҚТ төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.53-кесте. Газ турбиналарында табиғи газды жағу кезінде азот тотықтарының шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Жетілдірілген басқару жүйесі	6.1.1; 6.10.2-бөлімдерін қараңыз. Бұл әдіс көбінесе басқа әдістермен бірге қолданылады немесе өздігінен 2000 сағ/жыл - жұмыс істейтін жанармай жағатын құрылғылар үшін қолданыла алады	Ескі жанармай жағатын қондырғыларға қолдану жану жүйесін және/немесе басқару жүйесін өзгерту қажеттілігімен шектелуі мүмкін
2	Су/бу қоспасы		Қолдану судың қол жетімділігімен шектелуі мүмкін
3	Азот оксидін (DLN) құрғақ басатын жанарғылар	6.10.2-бөлімін қараңыз	Жаңғырту мүмкін емес немесе су/бу қосу жүйелері орнатылған турбиналарға қатысты қолдану шектелуі мүмкін
4	Төмен жүктемесі бар конструкция қағидаты	Өртүрлі энергия қажеттілігі кезінде жағудың тиісті тиімділігін қамтамасыз ету үшін технологиялық бақылау жабдығын және өзара байланысты жабдықты, мысалы, кіретін ауа ағынын бақылау мүмкіндігін арттыру немесе жағу процесін жанудың байланыссыз кезеңдеріне бөлу арқылы түрлендіру.	Қолдану газ турбинасының конструкциясымен шектелуі мүмкін
			Бу-газ цикліндегі газ турбинасына (БГК), отын жағу қондырғыларына қатысты бу

5	Азот оксидінің шығымы төмен жанарғылар (LNB)	4.1.3.9; 6.10-бөлімін қараңыз	кәдеге жаратушы қазандықтар (КҚ) үшін толық жағу мақсатында қолданылады
6	Селективті каталикалық қалпына келтіру (СКК)	Сипаттаманы 4.1.3.13; 6.10-бөлімде қараңыз	2000 сағ/жыл жұмыс істейтін отын жағатын қондырғыларға қатысты қолдануға болмайды Қолданыстағы <100 МВт отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды Қолданыстағы отын жағатын қондырғыларды модернизациялау жеткілікті өндірістік алаңның қолжетімділігімен шектелуі мүмкін. Жылына 1500 сағат - 2500 сағат шегінде жұмыс істейтін қолданыстағы отын жағатын қондырғыларды жаңғырту үшін техникалық және экономикалық шектеулер болуы мүмкін.

ЕҚТ 38. Қозғалтқыштарда табиғи газды жағудан ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында ЕҚТ төменде берілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.54-кесте. Қозғалтқыштарда табиғи газды жағу кезінде азот тотықтарының шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	Жетілдірілген басқару жүйесі	5.3.4; 6.1.1 -бөлімдерді қараңыз. Бұл әдіс көбінесе басқа әдістермен бірге қолданылады немесе отын жағатын, <500 с/жыл жұмыс істейтін адамдар үшін дербес қолданыла алады	Ескі отын жағу қондырғыларына қолдану жану жүйесін және/немесе басқару жүйесін жаңарту қажеттілігімен шектелуі мүмкін
2	Сарқылған қоспаның жану жүйесінің қағидаты	6.10-бөлімін қараңыз. Негізінен СКҚ-мен бірге қолданылады	Ол тек газбен жұмыс істейтін жаңа қозғалтқыштарға қолданылады
3	Сарқылған қоспа жануының жақсартылған жүйесінің қағидаты		Ол тек тұтану шамы бар жаңа қозғалтқыштарға қолданылады
4	Селективті каталикалық қалпына келтіру	4.1.3.13-бөлімді қараңыз	Қолданыстағы жанармай жағатын қондырғыларды жаңарту жеткілікті өндірістік алаңға қол жетімділікпен шектелуі мүмкін. Жұмыс істейтін отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды Жылына 2000 сағаттан аз жұмыс істейтін қолданыстағы жанармай жағатын қондырғыларды жаңарту үшін техникалық және экономикалық шектеулер болуы мүмкін.

ЕҚТ 39. Табиғи газды жағудан ауаға СО шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында, ЕҚТ оңтайлы жағуды және/немесе тотықтырғыш катализаторларды пайдалануды қамтамасыз етуге арналған.

6.55-кесте. Табиғи газды жағу кезінде көміртегі тотығының шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Жағуды оңтайландыру	6.10.2-бөлімін қараңыз. Нәтижелерге қол жеткізу бірқатар әдістердің жиынтығын, соның ішінде жетілдірілген басқару жүйесін қолдану арқылы қамтамасыз етіледі.	Жалпы қолданымды
2	Тотығу катализаторлары	6.10-бөлімін қараңыз.	Қолданылуы алаңның жеткіліксіз болуымен, жүктемеге қойылатын талаптармен және отындағы күкірттің болуымен шектелуі мүмкін

Газ турбиналарында табиғи газды жағудан ауаға NO<sub>x</sub> шығарындылары үшін ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК 6.56-кестеде келтірілген.

6.56-кесте. Газ турбиналарында табиғи газды жағу үшін NO<sub>x</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Отын жағатын қондырғы түрі	Отын жағатын қондырғының жылу қуаты МВт	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/Нм <sup>3</sup> *	
			Орташа жылдық мәні <sup>1)</sup>	Сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа күндік мән немесе орташа мән
1	2	3	4	5
1	Ашық циклді газ турбиналары (ГТҚ)			
1.1	Жаңа ГТҚ		15-35	25-50
1.2	Қолданыстағы ГТҚ (механикалық жетек ретінде пайдалануға арналған турбиналарды қоспағанда)		75-105	100-150
2	Аралас циклді газ турбиналары (БГҚ)			
2.1	Жаңа БГҚ		10-30	15-40
2.2	Қолданыстағы БГҚ	50–600	50-100	75-120
2.3	Қолданыстағы БГҚ	>600	35-75	50-100

\* ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК деректері екі отындық турбиналарда табиғи газды жағу процесіне де қолданылады.

2000 сағ/жыл жұмыс істейтін қолданыстағы отын жағатын қондырғылардың әрбір түрі үшін және жаңа отын жағатын қондырғылардың әрбір түрі үшін СО шығарындыларының орташа жылдық мәні негізінен мынадай мәндерді құрауға тиіс:

жаңа ГТҚ Қ 50 МВт т: <5-40 мг/Нм<sup>3</sup>. Электр нетто ПӘК 39 %-дан жоғары қондырғылар үшін диапазонның жоғарғы шегіне түзету мультипликаторы қолданылуы мүмкін, бұл [жоғарғы шек] x нетто ПӘК/39, мұнда нетто - электр пәк нетто, ISO базалық жүктемесіне сәйкес айқындалған;

қолданыстағы ГТҚ Қ 50 МВтт (механикалық жетек ретінде пайдалануға арналған турбиналарды қоспағанда): < 5-40 мг/Нм<sup>3</sup>. Диапазонның жоғарғы шегі негізінен NOX құрамын төмендету үшін құрғақ тазалау құралдарымен жабдықтау мүмкіндігі жоқ қолданыстағы қондырғыларға қатысты 80 мг/Нм<sup>3</sup> немесе төмен жүктемелер кезінде жұмыс істейтін қондырғылар үшін 50 мг/Нм<sup>3</sup> құрайтын болады;

жаңа БГҚ Қ 50 МВт т: < 5-30 мг/Нм<sup>3</sup>. Электр нетто ПӘК 39 %-дан жоғары қондырғылар үшін диапазонның жоғарғы шегіне түзету мультипликаторы қолданылуы мүмкін, бұл [жоғарғы шек] x нетто ПӘК/39, мұнда нетто - электр ПӘК нетто, ISO базалық жүктемесіне сәйкес айқындалған;

қолданыстағы БГҚ Қ 50 МВт th: < 5-30 мг/Нм<sup>3</sup>. Төменгі жүктеме кезінде жұмыс істейтін қондырғылар үшін диапазонның жоғарғы шегі негізінен 50 мг/Нм<sup>3</sup> болады.

DLN жанарғыларымен жабдықталған газ турбинасына қатысты бұл индикативті деңгейлер DLN тиімді жұмыс жағдайларына жатады.

Қазандықтар мен қозғалтқыштарда табиғи газды жағу үшін NOx ЕҚТ қолдануға байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК 6.57-кестеде келтірілген.

6.57-кесте. Қазандықтар мен қозғалтқыштарда табиғи газды жағу үшін NOx ЕҚТ қолдануға байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р / с №	Отын жағатын қондырғы түрі, МВт	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/Нм <sup>3</sup>			
		Орташа жылдық мәні *		Сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа күндік мән немесе орташа мән	
		Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы *	Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы ***
1	2	3	4	5	6
1	Қазандық < 100	10-60	85-175	50-100	100-200
2	Қозғалтқыш ****	20-75	85-155	55-85	100-175

\* NOX шығарындыларын азайтудың қолданыстағы әдісін оңтайландыру осы кестеден кейін ұсынылған СО шығарындыларының болжамды диапазонының СО шығарындылары деңгейінің жоғарғы шегіне жетуіне әкелуі мүмкін;

\*\* ЖҚТ қолдануға байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК деректері < 2 000 сағ/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды және бағдарлы болып табылады;

\*\*\* < 500 сағ/жыл жұмыс істейтін қондырғылар үшін осы деңгейлер бағдарлы болып табылады;

\*\*\*\* ЕҚТ-ны қолдануға байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК деректері ұшқын және екі отынды қозғалтқыштарға ғана қолданылады. Қозғалтқыштың газ-дизель жабдығы қолданылмайды.

Ұсыныс ретінде СО шығарындыларының орташа жылдық мәні негізінен төмендегілерді құрайды:

< 40 мг/Нм<sup>3</sup> м 2 000 сағ/жыл жұмыс істейтін қолданыстағы қазандықтар үшін;

<15 мг/Нм<sup>3</sup> жаңа қазандықтар үшін;

100 мг/Нм<sup>3</sup> м 2000 сағ/жыл жұмыс істейтін қолданыстағы қозғалтқыштар үшін және жаңа қозғалтқыштар үшін.

ЕҚТ 40. Сарқылған қоспаларда жұмыс істейтін ұшқындап от алатын газ қозғалтқыштарында табиғи газды жағудан ауаға шығатын ұшпа металл емес органикалық қосылыстардың (ҰМОҚ) және метанның (СН<sub>4</sub>) шығарындыларын төмендету мақсатында ЕҚТ оңтайландырылған жағуды қамтамасыз етуге және/немесе тотықтырғыш катализаторларды пайдалануға арналған.

6.58-кесте. Сарқылған қоспаларда жұмыс істейтін ұшқын тұтандырғышы бар газ қозғалтқыштарында табиғи газды жағуға арналған ҰМОҚ және метан СН<sub>4</sub> шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Жағуды оңтайландыру	6.10-бөлімін қараңыз. Нәтижелерге қол жеткізу бірқатар әдістердің жиынтығын қолдану, оның ішінде жетілдірілген басқару жүйесін қолдану арқылы қамтамасыз етіледі	Жалпы қолданымды
2	Тотығу катализаторлары	6.10-бөлімін қараңыз. Тотықтырғыш катализаторлар төрт көміртегі атомынан аз қаныққан көмірсутектер шығарындыларын азайту тұрғысынан тиімді емес	Қолданылуы алаңның жеткіліксіз болуымен, жүктемеге қойылатын талаптармен және отындағы күкірттің болуымен шектелуі мүмкін

## 6.5. Металлургия өндірісі мен химия саласындағы технологиялық газдарды жағуға арналған ЕҚТ бойынша қорытынды

Осы бөлімде ұсынылған ЕҚТ шойын мен болат (домна газы, кокс газы, конвертерлік газ) өндірісінде Технологиялық газдарды жеке-жеке, жиынтығында немесе басқа газ тәрізді және/немесе сұйық отын түрлерімен бір мезгілде жағу үшін жалпыға бірдей қолданылатын болып табылады. Олар 6.1-бөлімде ұсынылған ЕҚТ бойынша жалпы қорытындыларға қосымша қолданылады.

### 6.5.1. Энергия тиімділігі

ЕҚТ 41. Metallургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын жағу процесінің энергия тиімділігін арттыру мақсатында 12-ЕҚТ ЕҚТ және технологиялық газды басқару жүйесінде ұсынылған техникаларды пайдалануға арналған.

6.59-кесте. Қазандықтардағы металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын жағуға арналған ЕҚТ-мен байланысты энергия тиімділігінің деңгейлері

P/c №	Жану камерасының түрі	ЕҚТ ЭТ <sup>*,**</sup>	
		Электр ПЭК нетто, %	Отын жылуын пайдалану коэффициенті, % <sup>***</sup>

1	2	3	4
1	Отынның әр түрімен жұмыс істейтін қазандық	30-40	45,0-80,0
2	Отынның әр түрімен жұмыс істейтін жаңа қазандық <sup>****</sup>	36-42,5	50-84

\* ЭҚТ ЭТ деректері < 2000 сағ/жыл кезінде жұмыс істейтін камераларға қатысты қолданылмайды;

\*\* ЖЭО қондырғыларына қатысты ЖЭО қондырғысының конструкциясына байланысты (немесе электр энергиясын өндіруге, не жылу энергиясын өндіруге неғұрлым бағытталған) екі ЕҚТ ЭТ-ның біреуі ғана қолданылады;

\*\*\* ЭҚТ ЭТ деректері электр энергиясын ғана өндіретін қондырғыларға қолданылмайды;

\*\*\*\* ЖЭО қондырғыларындағы энергия тиімділігі көрсеткіштерінің кең ауқымы үлкен дәрежеде электр энергиясы мен жылу энергиясына жергілікті сұранысқа байланысты.

6.60-кесте. БГҚ-да металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын жағу үшін ЕҚТ-мен байланысты энергия тиімділігінің деңгейлері

P / c №	Жану камерасының түрі	ЕҚТ ЭТ <sup>*,**</sup>		Отын жылуын жиынтық пайдалану, % <sup>***</sup>
		Электрлік ПЭК нетто, %		
		Жаңа камера	Қолданыстағы камера	
1	2	3	4	5
1	ЖЭО-БГҚ	>47	40-48	-
2	БГҚ	>47	40-48	ЕҚТ ЭТ жоқ

\* ЭҚТ ЭТ деректері < 2 000 сағ/жыл кезінде жұмыс істейтін камераларға қатысты қолданылмайды;

\*\* СНР қондырғыларына қатысты ЖЭО қондырғысының конструкциясына байланысты (яғни электр энергиясын өндіруге немесе жылу энергиясын өндіруге неғұрлым бағытталған) екі ЭҚТ ЭТ -ның біреуі ғана қолданылады;

\*\*\* ЭҚТ ЭТ деректері электр энергиясын ғана өндіретін қондырғыларға қолданылмайды.

## 6.5.2. Ауаға NO<sub>x</sub> және CO шығарындылары

ЕҚТ 42. Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын қазандықтарда жағудан ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында, ЕҚТ бір немесе жиынтық техниканы пайдалануға арналған

Р/с №	Компоненті	Формуласы	Кокс газы, %	Домна газы, %
1	2	3	4	5
1	Метан	CH <sub>4</sub>	25,5	0,3
2	Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	3	-
3	Азот	N <sub>2</sub>	2,4	55
4	Оттегі	O <sub>2</sub>	0,5	0,2
5	Көміртек оксиді	CO	6,5	27
6	Сутегі	H <sub>2</sub>	59,8	5
7	Этан	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2,3	-
8	жану жылуы	ккал / м <sup>3</sup>	3850-4050	780-903

ЕҚТ төмендегі кестеде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.61-кесте. Металлургия өндірісі мен химия өнеркәсібінің технологиялық газдарын қазандықтарда жағу кезінде NO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Азот оксидінің шығымы төмен жанарғылар (LNB)	4.1.3.4-бөлімін қараңыз. Отын түрі бойынша бірнеше қабатқа азот оксидтерінің шығуы төмен арнайы құрастырылған жанарғылар немесе әртүрлі отын түрлерін жағуға арналған арнайы сипаттамалары бар жанарғылар (мысалы, әртүрлі отын түрлерін жағуға арналған немесе отынды алдын ала араластыруды қамтитын көп функциялы шүмектер)	Жалпы қолданымды
2	Ауаның сатылы берілуі	4.1.3.5-;4.1.3.6 бөлімін қараңыз	
3	Отынды сатылы жағу		
4	Түтін газының қайта айналымы	4.1.3.9-бөлімін қараңыз.	
5	Технологиялық газды басқару жүйесі		Жанармайдың әртүрлі түрлерінің болуына байланысты жалпы қолданылады
6	СКЕҚ	4.1.3.12-бөлімін қараңыз	Жұмыс істейтін отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды

7	СКҚ	4.1.3.13-бөлімін қараңыз	Жұмыс істейтін отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды < 100 МВт <sub>th</sub> отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды.
---	-----	--------------------------	--

ЕҚТ 43. БГҚ-да металлургия өнеркәсібі мен химия өнеркәсібінің технологиялық газдарын жағудан ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында, ЕҚТ төменде келтірілген әдістердің біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.62-кесте. Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын БГҚ-да жағу кезінде NO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту техникалары

Р / с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Технологиялық газды басқару жүйесі	5.3-бөлімін қараңыз	Жанармайдың әртүрлі түрлерінің болуына байланысты жалпы қолданылады
2	Жетілдірілген басқару жүйесі	4.5., 5.3., 6.1.1.-бөлімдерін қараңыз. Бұл әдіс басқа әдістермен бірге қолданылады	Ескі жанармай жағатын қондырғыларға қолдану жану жүйесін және/немесе басқару жүйесін модернизациялау қажеттілігімен шектелуі мүмкін
3	Су/бу қоспасы	6.10.2., 7-бөлімдерін қараңыз. Шойын мен болат өндірісінде технологиялық газдарды жағу үшін DLN қолданатын екі отынды газ турбиналарында су/бу қоспасы әдетте табиғи газды жағу кезінде қолданылады	Қолдану судың қол жетімділігімен шектелуі мүмкін
4	Азот оксидін (DLN) құрғақ басатын жанарғылар	5.3-бөлімін қараңыз. Шойын мен болат өндірісінде технологиялық газдарды жағуға арналған DLN тек табиғи газды жағуға арналған жанарғылардан ерекшеленеді	Кокс газы сияқты шойын мен болат өндірісінде технологиялық газдардың реактивтілігіне байланысты қолданылады. Модернизациялау мүмкін емес немесе су/бу қосу жүйелері орнатылған турбиналарға қатысты қолдану шектелуі мүмкін
5	Азот оксидінің шығымы төмен жанарғылар (LNB)	4.1.3.9., 4.1.3.13-бөлімдерін қараңыз	Тек қана отын жағатын қондырғылардың бу-газ цикліндегі газ турбинасына қатысты кәдеге жаратушы бу қазандықтары үшін жандыру мақсатында қолданылады
6	Селективті катализикалық қалпына келтіру (СКК)		Қолданыстағы отын жағатын қондырғыларды модернизациялау жеткілікті өндірістік алаңның қолжетімділігімен шектелуі мүмкін



ЕҚТ 44. Шойын мен болатты өндіру кезінде технологиялық газдарды жағудан ауаға СО шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында ЕҚТ төменде ұсынылған әдістердің бірін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.63-кесте. Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын қазандықтарда жағу кезінде СО шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Әдіс	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Жағуды оңтайландыру	5.3-бөлімін қараңыз	Жалпы қолданымды
2	Тотығу катализаторлары		Тек БГҚ үшін қолданылады. Қолданылуы алаңның жеткіліксіз болуымен, жүктемеге қойылатын талаптармен және отындағы күкірттің болуымен шектелуі мүмкін отындағы күкірт

6.64-кесте. Металлургия өндірісінің 100 % технологиялық газдарын жағу үшін NO<sub>x</sub>

ЕҚТ қолдануға байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Отын жағатын қондырғы түрі, МВт	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/Нм <sup>3</sup>			
		Орташа жылдық мәні*		Сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа күндік мән немесе орташа мән	
		Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы	Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы
1	2	3	4	5	6
1	Әр түрлі отынмен жұмыс істейтін қазандық	15-65	300-350	22-100	350-400
2	БГҚ	20-35	50-150	30-50	100-200

\* ЕҚТ ЭТ <2 000 с/жылына жұмыс істейтін камераларға қатысты қолданылмайды.

6.65-кесте. Химия өндірісінің 100 % технологиялық газдарын жағу үшін NO<sub>x</sub> ЕҚТ қолдануға байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Жағу қондырғысында пайдаланылатын отын	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/Нм <sup>3</sup> *			
		Жылдық орташа мән		Сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа күндік мән немесе орташа мән	
		Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы	Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы
1	2	3	4	5	6

1	Газдар мен сұйық отын қоспасы	30–85	80–290	50–110	100–330
2	Тек газдар	20–80	70–100	30–100	85–110

\* ТТ қолдануға байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТП < 2 000 сағ/жыл жұмыс істейтін камераларға қатысты қолданылмайды.

2000 сағ/жыл жұмыс істейтін қолданыстағы қондырғылар үшін немесе жаңа қондырғылар үшін СО шығарындылары деңгейінің орташа жылдық мәні негізінен < 5-30 мг/нм<sup>3</sup> құрайтын болады.

### 6.5.3 Ауаға SO<sub>x</sub> шығарындылары

ЕҚТ 45. Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын жағудан ауаға SO<sub>2</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында ЕҚТ төменде келтірілген техниктер жиынтығын пайдалануға арналған.

6.66-кесте. Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын қазандықтарда жағу кезінде ауаға SO<sub>2</sub> шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Отынды таңдау	Мүмкіндік болған жағдайда	Әр түрлі отын түрлерінің болуына байланысты қолданылады және / немесе балама технологиялық отынды пайдалану арқылы
2	Сорбентті қазандыққа енгізу	4.1.2- бөлімін қараңыз	Өндірістік алаң және химиялық қондырғының қауіпсіздігі болған кезде
3	Қазандық трактісіне сорбенттерді енгізу	4.1.2.4- бөлімін қараңыз	
4	Құрғақ бүріккіш абсорбер	4.1.2.10- бөлімін қараңыз	
5	Ылғалды тазарту	4.1.2.6; 4.1.2.7- бөлімін қараңыз	
6	Күкіртсіздендіру түтін газын дымқыл тәсілмен	4.1.2.11- бөлімін қараңыз	
7	Теңіз суын Пайдалана отырып КС жүйесі	4.1.2.6- бөлімін қараңыз	

6.67-кесте. Металлургиялық өндірістің 100 % технологиялық газдарын жағудан ауаға SO<sub>2</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Қондырғы түрі	О <sub>2</sub> бақылау деңгейі (%)	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/Нм <sup>3</sup>	
			Жылдық орташа мәні*	Орташа тәуліктік мән**
1	2	3	4	5
1	Жаңа немесе қолданыстағы қазандық	3	25–150	50–200***
2	Жаңа немесе қолданыстағы БГҚ	15	10–45	20–70

\* ЖҚТ қолдануға байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК деректері < 1 500 сағ/жыл жұмыс істейтін қондырғыларға қолданылмайды;

\*\* <500 сағ/жыл жұмыс істейтін қондырғылар үшін осы деңгейлер бағдарлы болып табылады;

\*\*\* Атмосфераға эмиссиялардың ТП диапазонының жоғарғы шегі ТҚТ қолданумен байланысты жоғары СО<sub>2</sub> үлесін пайдалану кезінде асып кетуі мүмкін (мысалы, > 50 %) . Бұл жағдайда ТК диапазонының жоғарғы шегі 300 мг/нМ<sup>3</sup> құрайды.

6.68-кесте. Химиялық өндірістің 100 % технологиялық газдарын жағудан ауаға SO<sub>2</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Отын жағатын қондырғының түрі	УВ - НДТ, мг/Нм <sup>3</sup>	
		Орташа жылдық мәні*	Сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа күндік мәні немесе орташа мәні**
1	2	3	4
1	Жаңа және қолданыстағы қазандықта	10–110	90–200

\* ЖҚТБ деректері жұмыс істейтін қолданыстағы қондырғыларға қолданылмайды < 2000 сағ/жыл.

\*\* < 500 сағ/жыл жұмыс істейтін қолданыстағы қондырғылар үшін осы деңгейлер бағдарлы болып табылады.

#### 6.5.4 Ауаға шаң шығару

ЕҚТ 46. Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын жағудан ауаға шаң шығарындыларын азайту мақсатында ЕҚТ төменде көрсетілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.69-кесте. Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын жағу үшін шаң шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Электр сүзгілер	4.1.1.1; 4.1.1.3- бөлімдерін қараңыз	Жалпы қолданымды
2	Қапшық сүзгілер		
3	Отынды таңдау		
4	Құрғақ немесе жартылай құрғақ тәсілмен КС жүйесі	4.1.2.6; 4.1.2.7- бөлімдерін қараңыз	ЕҚТ 45 бойынша қолданылуы
5	Дымқыл жолмен күкіртсіздендіру		

6.70-кесте. Металлургиялық және химиялық өндірістің технологиялық газдарын қазандықтарда жағу үшін шаңның ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Қондырғының жылу қуаты, МВт	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/Нм <sup>3</sup>			
	Жылдық орташа мәні	Орташа тәуліктік мән		
Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы*	Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы	
1	2	3	4	5
1 <300	2-5	2-15	2-10	2-22
2	2-5	2-10	2-10	2-11

\* ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК <2 000 с/жыл жұмыс істейтін камераларға қатысты қолданылмайды.

**6.6. Теңіз платформаларында отын жағатын қондырғыларға арналған ЕҚТ бойынша қорытындылар**

Осы бөлімде ұсынылған ЕҚТ бойынша қорытындылар теңіз платформаларында газ тәрізді және/немесе сұйық отынды жағу үшін жалпыға бірдей қолданылатын болып табылады. Олар 6.1-бөлімде ұсынылған ЕҚТ бойынша жалпы қорытындыларға қосымша қолданылады.

ЕҚТ 47. Теңіз платформаларында газ тәрізді және/немесе сұйық отынды жағу процесінің жалпы экологиялық көрсеткіштерін жақсарту мақсатында ЕҚТ төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.71-кесте. Теңіз платформаларында газ тәрізді және/немесе сұйық отынды жағу процесінің жалпы экологиялық көрсеткіштерін жақсарту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
	1	2	3

1.	Технологиялық процесті оңтайландыру	Механикалық энергия шығынын азайту мақсатында технологиялық процесті оңтайландыру	Жалпы қолданылады
2.	Қысымды жоғалтуды бақылау	Ең төменгі қысымды жоғалтуды қамтамасыз ету үшін кіріс және шығыс жүйелерін оңтайландыру және техникалық қызмет көрсету	
3.	Жүктемені бақылау	Шығарындыларды минимумға дейін төмендететін жүктеу нүктелерінде генераторлар немесе компрессорлар тобын пайдалану	
4.	Айналмалы резервті азайту	Техникалық сенімділік мақсатында айналмалы резервті жұмыс істеу кезінде ерекше жағдайларды қоспағанда, қосымша турбиналардың саны минимумға дейін қысқартылады	
5.	Отынды таңдау	Жабдықтау оттық газбен нүктесінен жоғарғы бөлігінде мұнай-газ процесс, ол бар ең төменгі диапазоны параметрлерін жану оттық газды, мысалы жылу шығару қабілеті, және ең төменгі концентрациясы, күкірт қосылыстарының азайту үшін білім беру SO <sub>2</sub> . Сұйық дистиллятты отын үшін күкірт мөлшері төмен отын түрлеріне артықшылық беріледі.	
6.	Бүркүді реттеу	Қозғалтқыштарда бүркүді реттеуді оңтайландыру	
7.	Жылу регенерациясы	Платформаны жылумен жабдықтау мақсатында газ турбинасы /қозғалтқышының пайдаланылған қызуын пайдалану	Жаңа отын жағу қондырғыларына жалпыға бірдей қолданылады. Қолданыстағы отын жағатын қондырғыларға қатысты қолдану жылу жүктемесінің деңгейімен және отын жағатын қондырғының (алаңның) орналасуымен шектелуі мүмкін
8.	Әр түрлі газ/мұнай кен орындарының энергетикалық жүйелерін біріктіру	Әр түрлі газ/мұнай кен орындарында орналасқан бірқатар қосалқы платформаларды қуаттандыру үшін орталық энергиямен қамтамсыздандыру көзін пайдалану	Қолдану әртүрлі газ/мұнай кен орындарының орналасқан жеріне және өндірісті жоспарлау, іске қосу және тоқтату бөлігінде уақытша кестелерге сәйкес келтіруді қоса алғанда, әртүрлі қосалқы платформаларды ұйымдастыруға байланысты шектелуі мүмкін.

ЕҚТ 48. Теңіз платформаларында газ тәрізді және/немесе сұйық отынды жағудан ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында, ЕҚТ төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.72-кесте. Теңіз платформаларында газ тәрізді және/немесе сұйық отынды жағудан ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
	1	2	3
1			Ескі жанармай жағатын қондырғыларға қолдану жану жүйесін және/немесе басқару

	Жетілдірілген басқару жүйесі		жүйесін модернизациялау қажеттілігімен шектелуі мүмкін
2	Азот оксидін (DLN) құрғақ басатын жанарғылар	4.5; 4.1.3.9; 6.1.1-бөлімдерін қараңыз	Отын сапасының өзгеруіне байланысты жаңа газ турбиналарына (стандартты жабдық) қолданылады. Қолданыстағы газ турбиналары үшін қолдану шектелуі мүмкін: модернизацияға арналған жиынтықтың болуы (төмен жүктеме кезінде жұмыс істеу үшін), платформаны ұйымдастырудың күрделілігі және өндірістік алаңның болуы
3	Сарқылған қоспаның жану жүйесінің қағидаты		Ол тек газбен жұмыс істейтін жаңа қозғалтқыштарға қолданылады
4	Азот оксидінің шығымы төмен жанарғылар (LNB)		Ол тек қазандықтарға қолданылады

ЕҚТ 49. Теңіз платформаларында газ турбиналарында газ тәрізді және/немесе сұйық отынды жағудан ауаға СО шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында, ЕҚТ төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.73-кесте. Теңіз платформаларындағы газ турбиналарында газ тәрізді және/немесе сұйық отынды жағудан ауаға СО шығарындыларын болғызбау немесе азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Жағуды оңтайландыру	5.3-бөлімдегі сипаттаманы қараңыз	Жалпы қолданымды
2	Т о т ы ғ у катализаторлары		< 500 с/жыл жұмыс істейтін отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды Қолданыстағы отын жағатын қондырғыларды модернизациялау жеткілікті өндірістік алаңның қолжетімділігімен және салмағы бойынша шектеулермен шектелуі мүмкін

6.74-кесте. Теңіз платформаларындағы ашық циклді газ турбиналарында газ тәрізді отынды жағу үшін NO<sub>x</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Р/с №	Отын жағатын қондырғы түрі	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/Нм <sup>3</sup> *
		Сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа мәні
1	2	3
1	Газ тәрізді отынды жағуға арналған жаңа газ турбинасы **	15–50 ***
2	Газ тәрізді отынды жағуға арналған қолданыстағы газ турбинасы **	< 50–350 ****

\* ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК деректері ағымдағы базалық жүктеменің  $> 70\%$  - на негізделген;

\*\* бір отындық және екі отындық газ турбиналарын қамтиды;

\*\*\* егер DLN жанарғылары қолданылмайтын болса, ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК диапазонының жоғарғы шегі  $250 \text{ мг/Нм}^3$  құрайды;

\*\*\*\* ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК диапазонының төменгі шегіне DLN жанарғыларын пайдалану арқылы қол жеткізуге болады.

Ұсыныс ретінде, іріктеу кезеңінде СО шығарындыларының орташа деңгейі негізінен болады:

$< 100 \text{ мг/Нм}^3$  м 2000 сағ/жыл жұмыс істейтін теңіз платформаларында газ тәрізді отынды жағуға арналған қолданыстағы газ турбиналары үшін;

Теңіз платформаларында газ тәрізді отынды жағуға арналған жаңа газ турбиналары үшін  $< 75 \text{ мг/Нм}^3$ .

#### **6.7. Көп отынды жағуға арналған ЕҚТ қорытындысы**

Отынның бірнеше түрін: көмірді, лигнитті, биомассаны және/немесе шымтезекті жағатын қондырғыларда 4-тарауда келтірілген әдістер қолданылады және 5.1-бөлімде көмірді және/немесе лигнитті, биомассаны және/немесе шымтезекті жағу үшін ең жақсы әзірленген технологияны анықтау кезінде ескеру қажет әдістер ретінде сипатталады. Қатты отынның бірнеше түрін бір уақытта жағатын жақсы құрылған қондырғылардың сипаттамалары 5.4-бөлімде келтірілген және көмір және/немесе лигнит жағатын жақсы құрылған қондырғылар үшін және биомассаны және/немесе шымтезекті жағатын жақсы құрылған қондырғылар үшін байқалатын диапазондарға жатады. Одан кейінгі тұжырымдар 5.1-бөлімге және 5.3-бөлімге қатысты тұжырымдар шеңберінен шықпайды.

#### **6.8. Қалдықтарды жағуға арналған ЕҚТ қорытындысы**

Егер өзгеше көрсетілмесе, осы бөлімде ұсынылған ЕҚТ бойынша қорытындылар отынды жағу қондырғыларында қалдықтарды бірлесіп жағу үшін жалпыға бірдей қолданылатын болып табылады. Олар 4-тарауда ұсынылған ЕҚТ бойынша жалпы қорытындыларға қосымша қолданылады.

Қалдықтарды бірге жағу кезінде ВАТ-АЕЛ бұл бөлімде пайда болатын түтін газының жалпы көлеміне қолданылады.

Қосымша, 6.11-бөлімінде көзделген отын түрлерімен бірге қалдықтарды жағу кезінде 6.11-бөлімінде айтылған ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК сондай-ақ араластыру ережесі формуласының көмегімен осы бөлімде көзделген пайда болатын түтін газының жалпы көлеміне және отын түрлерін

жағу нәтижесінде алынатын түтін газының көлеміне қолданылады, онда ЕҚТ 61 негізінде қалдықтарды жағу нәтижесінде алынатын түтін газының көлемі үшін ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК анықталуы тиіс.

Қалдықтарды бірлесіп жағу салдарынан пайда болатын пайдаланылған газдардағы тиісті ластағыш заттар үшін шығарындылар деңгейі мынадай түрде есептеледі:

мұндағы:  $V_{қалд}$ ,  $V_{проц}$  - қалдықтарды жағу және өндірістік процестер салдарынан тиісінше пайдаланылған газдардың көлемі, м<sup>3</sup>/сағ;

$S_{қалд}$ ,  $S_{проц}$  - тиісінше белгілі бір қалдықтар мен өндірістік қызметтің белгілі бір түрлері үшін белгіленген шығарындылар деңгейінің мәндері, мг/нм<sup>3</sup>.

Ауаға шығарындылардың барлық деңгейлері 273,15 К температурада, 101,3 кПа қысымда пайдаланылған газдардағы су буының құрамын түзеткеннен кейін есептеледі.

### 6.8.1. Жалпы экологиялық көрсеткіштер

Отын жағатын қондырғыларда қалдықтарды бірлесіп жағу процесінің жалпы экологиялық көрсеткіштерін жақсарту мақсатында, тұрақты жану жағдайларын қамтамасыз ету және ауаға шығарындыларды азайту мақсатында ЕҚТ 6.7 және/немесе төменде көрсетілген басқа әдістер қолданылады.

ЕҚТ 50. Отын жағатын қондырғыларда қалдықтарды бірлесіп жағу процесінің жалпы экологиялық көрсеткіштерін жақсарту және тұрақты жану жағдайларын қамтамасыз ету, ауаға шығарындыларды азайту мақсатында.

ЕҚТ төмен ЕҚТ 60 (а) техникасын және 6 ЕҚТ және / немесе төменде көрсетілген басқа да техниктер жиынтығын пайдалануға арналған.

6.75-кесте. Отын жағатын қондырғыларда қалдықтарды бірге жағу кезіндегі экологиялық көрсеткіштерді жақсарту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	Қалдықтарды алдын ала қабылдау	Қалдықтарды қайта өңдеу бойынша ЕҚТ тиісті анықтамалығына сәйкес отын жағатын қондырғыда кез келген қалдықтарды қабылдау рәсімін енгізу. Жану жылуы және су, күл, хлор және фтор, күкірт, азот, ПХД, металдар (ұшпа заттар (мысалы, Hg, Tl, Pb, Co, Se) және ұшпа емес заттар (мысалы, V, Cu, Cd, Cr, Ni) сияқты сыни параметрлер үшін жарамдылық өлшемшарттары белгіленген)), фосфор және сілтілік (жануарлардан алынатын жанама өнімдерді пайдалану кезінде). Бірге жағу үшін қалдықтар сипаттамаларының сәйкестігін қамтамасыз ету және белгілі бір	Жалпы қолданымды



		сындарлы параметрлердің мәндерін бақылау үшін ластағыш заттардың әрбір жүктемесі үшін сапаны қамтамасыз ету жүйесін қолдану (мысалы, қатты тұрмыстық қалдықтардан қауіпсіз отын үшін EN 15358)	
2	Қалдықтарды сұрыптау / шектеу	Бірлескен өртеуге жіберілуі мүмкін ең көп ластанған қалдықтардың үлесін шектеумен қатар, қалдықтардың түрлері мен жаппай ағынын мұқият сұрыптау. Отын жағу қондырғысына түсетін қалдықтардағы күл, күкірт, фтор, сынап және/немесе хлор үлесін шектеу. Бірлесіп жағу үшін қалдықтардың мөлшерін шектеу.	Мүше елдің қалдықтарды басқару саясатына байланысты шеңберде қолданылады
3	Қалдықтарды негізгі отынмен араластыру	Қалдықтар мен негізгі отынды тиімді араластыру, өйткені біртекті емес немесе жеткіліксіз аралас отын ағыны немесе біркелкі бөлінбеу қазандықтың тұтану және жану процесіне әсер етуі мүмкін, сондықтан алдын-алу шараларын қабылдау қажет.	Араластыру тек негізгі отын мен ұнтақтау қалдықтарының қасиеттері ұқсас болған жағдайда немесе негізгі отынмен салыстырғанда қалдықтар мөлшері аз болған жағдайда ғана мүмкін болады
4	Қалдықтарды кептіру	Қазандықтың жоғары тиімділігін қамтамасыз ету үшін қалдықтарды жану камерасына енгізгенге дейін алдын-ала кептіру	Қолдану технологиялық процестен, қажетті жану жағдайларынан немесе қалдықтардағы ылғалдың болмауынан қалпына келетін жеткіліксіз жылумен шектелуі мүмкін
5	Қалдықтарды алдын ала өңдеу	Қалдықтарды қайта өңдеу және қалдықтарды жағу, соның ішінде ұнтақтау, пиролиз және газдандыру әдістерін қараңыз	Қалдықтарды қайта өңдеу бойынша BREF және қалдықтарды жағу бойынша BREF қолдану мүмкіндігін қараңыз

ЕҚТ 51. Отын жағу қондырғыларында қалдықтарды бірлесіп өртеуден шығарындылардың ұлғаюын болғызбау мақсатында. ЕҚТ қалдықтарды бірге өртеуден түтін газдары бөлігінде ластағыш заттардың шығарындылары қалдықтарды жағу үшін ЕҚТ бойынша қорытындыларды қолдану нәтижесінде шығарындылардан аспауына бағытталған тиісті шараларды қабылдауға арналған.

ЕҚТ 52. Отын жағатын қондырғыларда қалдықтарды бірлесіп жағу қалдықтарының рециркуляцияға әсерін барынша азайту мақсатында. ЕҚТ гипс, күл және қождың, сондай-ақ басқа да Қалдықтардың тиісті сапасын қамтамасыз етуге арналған.

Жағу қалдықтарын қайта пайдаланған жағдайда, қондырғы ЕҚТ 60-та ұсынылған техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалану жолымен және/немесе жағылатын отынның басқа түрлеріндегі ұқсас пайдаланылған фракцияның ластағыш

заттарының концентрациясы бар пайдаланылған фракция үшін бірлесіп жағуды шектеу жолымен қалдықтарды бірлесіп жағуды көздемеген кезде оларды пайдалану үшін белгіленген талаптарды орындау қажет.

### 6.8.2. Энергия тиімділігі

ЕҚТ 53. Қалдықтарды бірге жағу процесінің энергия тиімділігін арттыру мақсатында ЕҚТ негізгі отынның пайдаланылатын түріне және қондырғының конфигурациясына байланысты ЕҚТ 12 және ЕҚТ 19 ұсынылған техникалардың тиісті жиынтығын пайдалануға арналған.

6.76-кесте. Қалдықтарды тас және/немесе қоңыр көмірмен бірге жағу үшін энергия тиімділігінің деңгейлері

Р/с №	Жылу қуаты, МВт	ЕҚТ ЭТ*		Отын жылуын пайдалану коэффициенті, %	
		Электрлік ПЭК нетто, %	қолданыстағы камера	жаңа камера	қолданыстағы камера
1	2	3	4	5	6
1	< 300	31-35,5	28-35	60-80	50-60
2		33,5-38,0	28,0-38,0	73-95	60-70

\* ПУ ЕҚТ деректері 2000 сағ/жылдан кем жұмыс істейтін қондырғылар үшін қолданылмайды.

### 6.8.3. Ауаға NO<sub>x</sub> және СО шығарындылары

ЕҚТ 54. Ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту кезінде, СО және N<sub>2</sub>O шығарындыларын тас көмірмен және/немесе қоңыр көмірмен бірге күйдіруден бір уақытта шектеу кезінде, ЕҚТ төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.77-кесте. Қалдықтарды және тас және/немесе қоңыр көмірді бірге жағудан ауаға СО және N<sub>2</sub>O шығарындыларын уақытша шектеу кезінде ауаға азот тотықтарының шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Жағуды оңтайландыру	4.1.3.1 -бөлімді қараңыз Әрбір жеке Әдіс бойынша 4.1.3-бөлімді қараңыз.	

2	NOX шығарындыларын азайтудың басқа бастапқы әдістерінің жиынтығы (мысалы, ауаны сатылы жеткізу, отынды сатылы жағу, түтін газының қайта айналымы, азот оксидтерінің төмен шығатын жанарғысы (LNB))	Қазандықтың конструкциясы бастапқы техникаға сәйкес келетін таңдау мен нәтижелілікке әсер етуі мүмкін техник	жалпы қолданламды
3	Селективті каталитикалық емес қалпына келтіру (СКЕК)	4.1.3.12-бөлімді қараңыз	NH <sub>3</sub> және NO <sub>x</sub> біркелкі араласуына жол бермейтін қимасы жоғары қазандықтарға қатысты қолдану шектелуі мүмкін. Қолдану < 1500 с/жыл жұмыс істейтін отын жағатын қондырғыларға қатысты шектелуі мүмкін
4	Селективті каталитикалық қалпына келтіру (СКК)	4.1.3.13-бөлімді қараңыз	Жылына < 500 МВт жұмыс істейтін < 300 МВт Отын жағу қондырғыларына қолданылмайды. Негізінен <100 МВт отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды. 500-2000 сағ/жыл шегінде жұмыс істейтін қолданыстағы отын жағатын қондырғыларын және <2000 сағ/жыл жұмыс істейтін н 300 МВт қолданыстағы отын жағу қондырғыларын модернизациялау үшін техникалық және экономикалық

#### 6.8.4. SO<sub>x</sub> ауаға шығарындылары

ЕҚТ 55. Қалдықтарды тас және/немесе қоңыр көмірмен бірге жағудан ауаға SO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау немесе азайту мақсатында ЕҚТ төменде ұсынылған техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.78-кесте. Тас және/немесе қоңыр көмірі бар қалдықтарды бірге жағу кезінде ауаға SO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Сорбентті қазандыққа енгізу	4.1.2-бөлімді қараңыз	жалпы қолданылады
2	Сорбенттерді қазандық трактісіне енгізу		
3	Құрғақ бүріккіш абсорбер		
4	Айналмалы қайнаған қабаты бар (CFB) құрғақ тазарту скруббері		
5	Ылғалды тазарту		
6	Түтін газын ылғалды тәсілмен (ылғалды тәсілмен FGD жүйесі)		<2000 с/жыл жұмыс істейтін отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды.

	күкіртсіздендіру		<300 МВт отын жағу қондырғыларына әдісті қолдану үшін және 500 сағ/жыл және 2000 сағ/жыл арасында жұмыс істейтін қолданыстағы отын жағу қондырғыларын модернизациялау үшін техникалық және экономикалық
7	Теңіз суын пайдаланатын FGD жүйесі	4.1.2-бөлімді қараңыз	
8	NO <sub>x</sub> және SO <sub>x</sub> азайтуға арналған аралас әдістер		Отынның және жағу процесінің сипаттамаларына байланысты қандай да бір жағдайдың ерекшелігін ескере отырып қолдануға болады
9	FGD жүйесінің шығысында орналасқан газ-газ жылытқышын ылғалды әдіспен ауыстыру немесе алып тастау	FGD жүйесінің шыға берісіндегі газ-газ жылытқышын ылғалды тәсілмен көп құбырлы жылу алмастырғышпен ауыстыру немесе түтін газын градирня немесе ылғалды газға арналған құбыр арқылы шығару және төгу	FGD жүйесімен және жүйенің шыға берісінде орналасқан газ-газ жылытқышымен жабдықталған отын жағатын қондырғыдағы жылу алмастырғышты ауыстыру немесе өзгерту қажет болған жағдайда ғана қолданылады
10	Отынды таңдау	4.1.2.2-бөлімі. Күкірт мөлшері аз отынды пайдалану (мысалы, массаның 0.1 % дейін., құрғақ салмақта), хлор немесе фтор	Қолданылуы отынның ерекше табиғи түрлерін жағуға арналған қондырғыларға қатысты жобалық шектеулерге байланысты лимиттелуі мүмкін.

### 6.8.5. Ауаға шаң мен байланысты металл бөлшектерінің шығарындылары

ЕҚТ 56. Қалдықтарды тас көмірмен және/немесе қоңыр көмірмен бірге жағудан шаң және байланысты металл бөлшектерінің ауаға шығарылуын төмендету мақсатында ЕҚТ төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.79-кесте. Қалдықтарды және тас және/немесе қоңыр көмірді бірге жағудан шаң шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникалары	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Электр сүзгісі (ESP)	4.1.1; 4.1.2-бөлімдерді қараңыз	жа л пы қолданымды
2	Қапшық сүзгілер		
3	Сорбентті қазандыққа енгізу		
4	Құрғақ немесе ылғалды тәсілді FGD жүйесі		
5	Түтін газын ылғалды тәсілмен күкіртсіздендіру (FGD жүйесі)		

6.80-кесте. Қалдықтарды және тас және/немесе қоңыр көмірді бірге жағудан ауаға металл бөлшектері үшін ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

Отын жағатын қондырғының	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/Нм <sup>3</sup>	Орташа кезең

P/c №	жалпы есептік жылу қуаты, МВт	Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V (мг/Нм <sup>3</sup> )	Cd+Tl (мкг/Нм <sup>3</sup> )	
1	2	3	4	5
1	<300	0,005–0,5	5–12	Сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа мәні
2	300	0,005–0,2	5–6	Бір жыл ішінде алынған сынамалардың орташа мәні

### 6.8.6. Сынаптың ауаға шығарындылары

ЕҚТ 57. Қалдықтарды тас және/немесе қоңыр көмірмен бірге жағудан сынаптың ауаға шығарылуын төмендету мақсатында ЕҚТ төменде келтірілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.81-кесте. Тас және/немесе қоңыр көмірі бар қалдықтарды бірге жағудан ауаға сынап шығарындыларын азайту техникалары

P/c №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
-------	-----------	-------------	------------

1	2	3	4
1	Басқа ластауыштардың шығарындыларын азайту үшін пайдаланылатын бастапқы әдістерден болатын ілеспе пайдалар		
1.1	Электр сүзгісі (ESP)	4-бөлімдегі сипаттаманы қараңыз. Сынапты жоюдың жоғары ПӘК түтін газының 130 нС төмен температурасында жүзеге асырылады. Техника негізінен шаңды жинау үшін қолданылады	Жалпы қолданылады
1.2	Қапшық сүзгілер	Техника негізінен шаңды жинау үшін қолданылады	
1.3	Құрғақ немесе жартылай құрғақ FGD жүйесі	4-бөлімдегі сипаттаманы қараңыз.	
1.4	Түтін газын ылғалды әдіспен күкіртсіздендіру (ТГК жүйесі ылғалды әдіспен)	Негізінен әдістер SO <sub>x</sub> құрамын бақылау үшін қолданылады	< 2000 сағ/жыл жұмыс істейтін отын жағатын қондырғыларға қолданылмайды.
1.5	Селективті катализикалық қалпына келтіру (СКК)	Келесі FGD жүйесінде сынаптың тотығуын тұтып қалғанға дейін күшейту немесе төмендету немесе шаңды тұтып қалу үшін басқа әдістермен бірге қолданылады. Бұл әдіс негізінен NO <sub>x</sub> бақылау үшін қолданылады.	<500 сағ/жыл жұмыс істейтін <300 МВт отын жағу қондырғыларына қолдануға болмайды. Негізінен <100 МВт отын жағатын қондырғыларға қолдануға болмайды. 500-2000 сағ/жыл шегінде жұмыс істейтін қолданыстағы отын жағатын қондырғыларын және <2000 сағ/жыл жұмыс істейтін н 300 МВт қолданыстағы отын жағу қондырғыларын модернизациялау үшін техникалық және экономикалық
2	Сынап шығарындыларын азайтудың арнайы әдістері		
		4-бөлімдегі сипаттаманы қараңыз.	

2.1	Түтін газына көміртегі негізіндегі сорбентті енгізу (мысалы, активтендірілген көміртегі немесе галоидталған активтендірілген көміртегі)	ESP/қапшық сүзгімен бірге жалпы қолданылады. Бұл әдісті қолдану құрамында сынап бар көміртегі фракциясын одан әрі қайта бөлуге дейін тазартудың қосымша кезеңдерін қажет етуі мүмкін	жалпы қолданылады
2.2	Отында немесе пешке енгізілген галоидті қоспаларды пайдалану		Отында галоид аз болған жағдайда жалпы қолданылады
2.3	Отынды алдын ала тазарту	Ластануға қарсы күреске арналған жабдықты сынаптың құрамын шектеу/төмендету немесе сынапты тұтып алуды жақсарту мақсатында отынды жуу, құрамдастыру және араластыру	Отынның сипаттамасын анықтау және техниканың ПӘК-ін есептеу үшін алдын ала зерделеу талап етіледі
2.4	Отынды таңдау	4.6.3-бөлімді қараңыз	Басқа отын түрлері болғанда қолданылады

## 6.9. Газдандыруға арналған ЕҚТ қорытындысы

Осы бөлімде ұсынылған ЕҚТ бойынша қорытындылар отын жағатын қондырғылармен тікелей байланысты барлық газдандыру қондырғылары үшін және циклішілік газдандыру қондырғылары (ЦГ) үшін жалпыға бірдей қолданылатын болып табылады. Олар 6.1-бөлімде ұсынылған ЕҚТ бойынша жалпы қорытындыларға қосымша қолданылады.

### 6.9.1. Энергия тиімділігі

ЕҚТ 58. Газдандыру қондырғыларының және ЦГ, ЕҚТ энергия тиімділігін арттыру мақсатында бір немесе жиынтықты техникаларды пайдалануға арналған төмендегі кестеде келтірілген.

6.82-кесте. Газдандыру қондырғыларының және ЦГ энергия тиімділігін арттыру техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Газдандыру процесінен жылуды қалпына келтіру	Синтетикалық газды одан әрі тазарту үшін салқындату қажеттілігіне байланысты қосымша бу шығару үшін пайдаланылған энергияны қалпына келтіруге болады, ол бу турбиналық циклге қосылады, бұл қосымша электр энергиясын өндіруді қамтамасыз етеді	Синтетикалық газды салқындатуды талап ететін синтетикалық газды алдын ала тазарту көзделген қазандықтармен тікелей байланысты ЦГ және газдандыру қондырғыларына қолданылады
2	Газдандыру және жағу процестерін интеграциялау	Қондырғының конструкциясы газ турбинасының компрессорынан ЖЖА-ға түсетін барлық ауаны беру (алу) арқылы желдету-жеткізу агрегаты (ЖЖА) мен газ турбинасының толық интеграциясын ескере отырып әзірленуі мүмкін	Қолданылуы жаңартылатын энергия көзімен жұмыс істейтін электр станциясы болмаған кезде желіге электр энергиясын жылдам беруге арналған аралас қондырғының пайдалану икемділігі бөлігінде ЦГ БГҚ қондырғыларымен шектеледі

3	Құрғақ шикізатты беру жүйесі	Газдандыру процесінің энергия тиімділігін жақсарту үшін газ генераторына құрғақ шикізатты беру жүйесін пайдалану	Тек жаңа қондырғыларға қолданылады
4	Жоғары қысымды жоғары температуралы газдандыру	Энергияны түрлендірудің тиімділігін барынша арттыру мақсатында жоғары қысым мен температураның жұмыс параметрлерімен газдандыру технологиясын пайдалану	Тек жаңа қондырғыларға қолданылады
5	Конструкцияны модернизациялау	Конструкцияны модернизациялау, мысалы: отқа төзімді және/немесе газ генераторының салқындату жүйесін түрлендіру; синтетикалық газ қысымының төмендеуінен жану процесіне дейін энергияны қалпына келтіруге арналған кеңейткіш орнату	ЦІГ БГҚ қондырғыларына жалпы қолданылады

**6.83-кесте. Газдандыру қондырғылары және ЦІГ үшін ЕҚТ энергия тиімділігінің деңгейлері**

Р / с №	Қондырғы конфигурациясының түрі	ӨҚ, %		Жаңа немесе қолданыстағы газдандыру қондырғысының отын жылуын пайдалану коэффициенті, %
		БГҚ ЦІГ қондырғысының электр ПӘК нетто		
		Жаңа камера	Қолданыстағы камера	
1	2	3	4	5
1	Синтетикалық газды алдын ала тазартпай қазандыққа тікелей байланысты газдандыру қондырғысы	ЭТ жоқ		> 98
2	Синтетикалық газды алдын ала тазартумен қазандыққа тікелей байланысты газдандыру қондырғысы	ПУ жоқ		> 91
3	БГҚ	ЕҚТ ЭТ жоқ	34–46	> 91

**6.9.2. Ауаға NO<sub>x</sub> және СО шығарындылары**

ЕҚТ 59. ЦІГ, ЕҚТ қондырғыларынан ауаға СО шығарындыларын бір мезгілде шектеу кезінде ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау және/немесе азайту мақсатында төменде ұсынылған техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.84-кесте. ЦІГ қондырғыларынан ауаға СО шығарындыларын бір уақытта шектеу кезінде ауаға NO<sub>x</sub> шығарындыларын болғызбау/немесе азайту техникалары

--	--	--	--

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Жағуды оңтайландыру	6.10.2-бөлімдегі қараңыз.	Жалпы қолданымды
2	Су/бу қоспасы	6.10-бөлімді қараңыз. Осы мақсатта бу турбинасынан аралық қысым буының бір бөлігі қайта пайдаланылады	Тек IGCC қондырғысының газ турбинасының бөлігіне ғана қолданылады. Қолдану судың қол жетімділігімен шектелуі мүмкін
3	Азот оксидін (DLN) құрғақ басатын жанарғылар	6.10.2-бөлімдегі сипаттаманы қараңыз.	Тек IGCC қондырғысының газ турбинасының бөлігіне қолданылады. Жалпы IGCC жаңа қондырғыларына қолданылады. Осы немесе басқа жағдайдың ерекшеліктерін ескере отырып, модернизациялау жиынтығының болуына байланысты IGCC қондырғыларына қолданылады. Құрамында сутегі > 15 % бар синтетикалық газ үшін қолдануға болмайды
4	Желдету-жеткізу агрегатынан (ASU) шығарылатын азотты синтетикалық газбен сұйылту	ЖЖА жоғары сапалы оттегі газ генераторына жеткізу үшін ауадағы азоттан оттегін бөледі. ЖЖА-дан шығарылатын азот оны жағу алдында синтетикалық газбен алдын ала араластырылуын ескере отырып, газ турбинасында жану температурасын төмендету үшін қайта пайдаланылады.	Газдандыру процесінде ASU пайдалану кезінде ғана қолданылады
5	Селективті каталитикалық қалпына келтіру (СКҚ)	4.1.3.13-бөлімді қараңыз	<2000 с/жыл жұмыс істейтін IGCC қондырғыларына қолданылмайды. Қолданыстағы қондырғыларды модернизациялау жеткілікті өндірістік алаңның қолжетімділігімен шектелуі мүмкін. Қолданыстағы ЦІГ қондырғылары үшін техникалық және экономикалық шектеулер болуы мүмкін

6.85-кесте. ЦІГ қондырғылары үшін ауаға NO<sub>x</sub> ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

ЦІГ қондырғысының / жалпы с есептік жылы қуаты МВт	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/Нм <sup>3</sup>			
	Орташа жылдық мәні		Сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа күндік мән немесе орташа мән	
	Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы	Жаңа қондырғы	Қолданыстағы қондырғы
12	3	4	5	6
1	25	45	35	60



2000 сағ/жыл жұмыс істейтін қолданыстағы қондырғылар үшін және жаңа қондырғылар үшін СО шығарындыларының орташа жылдық мәні негізінен <30 мг/Нм<sup>3</sup> құрайды.

### 6.9.3. SO<sub>x</sub> ауаға шығарындылары

ЕҚТ 60. ЦІГ, ЕҚТ қондырғыларынан ауаға SO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту мақсатында қышқыл газды жою техникасын пайдалануға арналған.

Р/с №	Техника	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Қышқыл газды жою	Газдандыру процесінің шикізатынан күкіртті қосылыстар, мысалы, COS (және HCN) гидролиз реакторын және H <sub>2</sub> S метилдиэтанолламин сияқты еріткішпен сіңірілуін қоса алғанда, қышқыл газды жою арқылы синтетикалық газдан жойылады. Нәтижесінде күкірт нарықтық сұранысқа байланысты сұйық немесе қатты элементар күкірт түрінде (мысалы, Клаус қондырғысы арқылы) немесе күкірт қышқылы түрінде алынады	Қолдану биомассадағы күкірттің өте төмен болуына байланысты биомассада жұмыс істейтін IGCC қондырғыларына қатысты шектелуі мүмкін

ЦІГ Г 100 МВт қондырғыларынан SO<sub>2</sub> ауаға шығарындылары үшін ТШД ЕҚТ 3-16 мг/Нм<sup>3</sup> құрайды және орташа жылдық мән ретінде көрінеді.

### 6.9.4. Ауаға шаң, байланысқан металл, аммиак және галоген бөлшектерінің шығарындылары

ЕҚТ 61. ЦІГ, ЕҚТ қондырғыларынан ауаға байланысты металл, аммиак және галоген бөлшектерінің шаңын болғызбау немесе шығару мақсатында төменде көрсетілген техникалардың біреуін немесе жиынтығын пайдалануға арналған.

6.86-кесте. ЦІГ қондырғыларынан ауаға шаң, байланысқан металл, аммиак және галоген бөлшектері шығарындыларын болғызбау немесе азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы	Қолданылуы
1	2	3	4
1	Синтетикалық газды сүзу	Күл шаңын тұтып қалуға арналған циклондар көмегімен күлді тұтып қалу, қапшық сүзгілері, күл шаңын және конвертелмеген көміртекті тазартуға арналған электр сүзгілері және/немесе шам сүзгілері. Қапшық сүзгілер мен электр сүзгілері синтетикалық газдың температурасы 400 ыС-қа дейін қолданылады	Жалпы қолданымды
2	Газ генераторына шайыр және күл синтетикалық газдың қайта айналымы	Шикі синтетикалық газда пайда болған жоғары көміртекті шайырлар мен күл циклондарда бөлініп, газ генераторынан шыққан кезде синтетикалық газдың төмен температурасында газ генераторына қайтарылады (<1100 ыС)	
		Синтетикалық газ хлоридтер, аммиак, бөлшектер мен галидтер бөлінетін шаңды тұтып қалудың басқа	

3	Синтетикалық газды жуу	кұралынан (кұралдарынан) кейін су скруббері арқылы өтеді	
---	------------------------	--	--

БГҚ газдандыру қондырғыларынан шаң мен байланысты металл бөлшектеріне арналған ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК 6.87-кестеде келтірілген.

6.87-кесте. ЦІГ қондырғылары үшін шаңның және байланысқан металл бөлшектерінің ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК

P/c №	IGCC қондырғысының жалпы есептелген жылу қуаты (МВт <sub>th</sub> )	ЕҚТ қолданумен байланысты атмосфераға эмиссиялардың ТК, мг/Нм <sup>3</sup>		
		Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V (мг/Нм <sup>3</sup> ) Сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа мәні	HG (мкг/Нм <sup>3</sup> ) сынамаларды іріктеу кезеңіндегі орташа мәні	Шаңның орташа жылдық мәні
1	2	3	4	5
1		<0,025	<1	<2,5

## 6.10. Техникалардың сипаттамасы 6.10.1. Негізгі техникалар

### 6.88-кесте. Негізгі техникалар

P/c №	Техникасы	Сипаттамасы
1	2	3
1	Жетілдірілген басқару жүйесі	Ол бақылау мен басқаруды, отынды жеткізуді, отынды жағуға дайындауды қамтитын ТПАБЖ қолдануды қамтиды: ауаны жылыту, отынды жылыту, отынды ауамен араластыру, жану процесі, жану тиімділігі және шығарындылардың алдын алу және/немесе азайту. Бұл әдіс сонымен қатар жоғары тиімді мониторингті қолдануды қамтиды.
2	Жағуды оңтайландыру	Бұл техника жану, температуралық режимді бақылау және басқару, толық емес жану (CO) өнімдерінің пайда болуы, сондай-ақ NO <sub>x</sub> процесіне қатысты ТПАБЖ элементі болып табылады. Қондырғының әртүрлі жүктемелері кезінде шығарындылар мен отын шығынын азайтуға арналған АБЖ-ны баптау. Нәтижелерге қол жеткізу өртеуге арналған жабдықтың тиісті конструкциясын, температураны оңтайландыруды (мысалы, отын мен жану ауасын тиімді араластыру) және жану аймағында ұстау уақытын, сондай-ақ жетілдірілген басқару жүйесін пайдалануды қоса алғанда, әдістер жиынтығын қолданумен қамтамасыз етіледі.

## 6.10.2. Энергия тиімділігін арттыру техникалары

### ЕҚТ 62

6.89-кесте. Энергия тиімділігін арттыру техникасы

P/c №	Техникасы	Сипаттамасы
-------	-----------	-------------

--	--	--

1	2	3
1	Электр және жылу энергиясын аралас өндіруге көшуге дайындық	Техника, егер бұрын қондырғы тек электр энергиясын өндірсе, жылу энергиясын босату мүмкіндігін қарастырады. «К» типті турбинаны «Р»-ға ауыстыру мүмкіндігі; шындық қондырғыларды қоса алғанда, желілік жанарғылар қондырғысы тексеріледі. Бу және/немесе ыстық судың жылу жүктемелерінің болуы және өсу перспективасы. «К» типті турбиналарды «Т»-ға ауыстыру мүмкіндігі. Жылуландыру жүктемесін резервтеудің техникалық мүмкіндіктері тексеріледі. Жылу энергиясын жіберу табиғи монополия болып табылады, тиісінше жылу энергиясына тарифті алу үшін құжаттама ресімделуге тиіс
2	Аралас цикл	Техника екі немесе бірнеше термодинамикалық циклдерді біріктіруге негізделген, онда бірінші циклдің жылу шығыны екінші циклде пайдалы энергия ретінде қолданылады. Мысалы, газ турбинасының шығатын газдары бу қазандығында қолданылады, онда алынған бу электр энергиясын өндіру үшін бу турбинасында қолданылады. ГТ пайдаланылған газын ҚҚ су жылытқышында, яғни жылумен жабдықтау үшін желілік суды жылыту үшін пайдалануға болады
3	Жағуды оңтайландыру	6.6-кестені қараңыз
4	Беткі ТҚҚ-ны араластырғыштарға ауыстыру арқылы КЭС регенерация схемасын оңтайландыру	Негізгі конденсациялық блоктар үшін парсонстың гравитациялық схемасы ұсынылады. Бірінші ТҚҚ 18-21 м белгісінде орналасқан, негізгі конденсат ауырлық күші арқылы екіншісіне өтеді. Бір КЭН-де үнемделеді, толық қыздырылады. Регенеративті циклдің тиімділігі артады, отын шығыны мен шығарындылар азаяды
5	Тек электр энергиясын өндіретін қондырғылардың режимдерін оңтайландыру	Техника жұмыс істеп тұрған қондырғыларды, әрбір қондырғының техникалық жай-күйі мен энергетикалық сипаттамаларын ескере отырып, жүктемелердің диспетчерлік кестесін орындау кезінде отын шығыны мен шығарындыларды барынша азайтуды көздейді. 5.2.4-қараңыз
6	Аралас энергия өндірісі қондырғыларының режимдерін оңтайландыру	Техника жылу мен электр жүктемелерін параллель жұмыс істейтін қондырғылар арасында оңтайлы бөлуді қамтамасыз етеді, ең аз шығарындылар мен отын шығынын қамтамасыз етеді. Әр қондырғыға жеке тәсіл қажет. 5.2.4-қараңыз
7	Қуатты ұлғайту және пайдалану сипаттамаларын арттыру арқылы қондырғыларды модернизациялау	Қуаттылығы 100 МВт-қа дейін, Т-110-130-дан 120-130 МВт-қа дейін, К-300-240-тан 325 МВт-қа дейін, К-500-240-тан 530 МВт-қа дейін ұлғайта отырып, ПТ-80-130/13 турбиналарын реконструкциялаудың үлгілік жобалары әзірленді. Реконструкция отынның нақты шығындарын және сәйкесінше шығарындыларды азайтуға мүмкіндік береді. 5.2.4-қараңыз
8	Өндірістік бу жүктемесін төмендету кезінде жылуландыру циклінде пайдалану үшін қарсы қысым шамасын 0,4 МПа деңгейіне дейін төмендету	Өнеркәсіптік тұтынушылардың бу тұтынуының қысқаруына байланысты, қысымның төмендеуі желілік суды жылыту үшін жылу коллекторына қосылуға мүмкіндік береді. Жылу тиімділігі артып, отын шығыны мен ОС шығарындылары азаяды. 5.2.4-қараңыз
9	Қоректік сорғылардың электр жетегін бу турбинасына ауыстыру	>300 МВт қондырғыларға ұсынылады, ЖҚ-ға жұмсалатын электр энергиясының шығыны азаяды, шиналардан түсетін пайдалы демалыс артады, іріктеуден немесе қарсы қысымнан бұды пайдалану есебінен ПӘК артады. Отын шығыны мен ОС шығарындылары азаяды. 5.2.4-қараңыз
10	Төмен қысымды жылуды таңдауды қолдану.	Сыртқы ауаның нақты температурасы жобаға қарағанда біршама жоғары. Жылу желісінің температуралық кестесі іс жүзінде жобаланғаннан төмен, сондықтан төменгі жылу таңдауында шамамен 0,06 МПа қысымды ұстап тұруға болады (өндіруші 0,05 МПа рұқсат етеді), бұл кейбір қондырғылар үшін қуаттың 1 МВт-қа дейін өсуіне мүмкіндік береді, ал жылыту кезеңі 200 күнге дейін болса, онда әсер айтарлықтай болады. 5.2.4-қараңыз

11	Суды дайындау үшін буландырғыш кондырғыларды қолдану	Өндірістік іріктеулердің бу тұтынуының төмендеуі және қарсы қысым жағдайында бу мен конденсат ысырабын толықтырудың термиялық тәсілі қарастырылады. Мұндай схемалар ҚР ЖЭО - да жұмыс істейді, ион алмастырғыш шайырлар қажет емес. Іріктеуден буды пайдалану арқылы жылу тиімділігі артады. 5.2.4-қараңыз
12	Жоғары қысымды деаэратордан (ЖАА) булануды кәдеге жарату	Булау салқындатқышын ЖАА-ға орнатудың жобалық схемасы, ЖАА-ға бағытталған негізгі конденсаттың бір бөлігі булау салқындатқышында қызады, конденсацияланбаған газдар атмосфераға шығарылады. 5.2.4-қараңыз
13	Үздіксіз үрлеу жылуын кәдеге жарату	Үздіксіз үрлеудің екі сатылы кеңейту схемасы қолданылады. I сатыда қысым 0,7 МПа, бөлу коэффициенті 43 %, II сатыдағы қысым-0,12 МПа, бөлу коэффициенті - 10 %. Соңғы сатыдан үрлеу суы үрлеу салқындатқышы арқылы ГКЖ-ға ағызылады. I-сатыдан бу ауасыздандырғышқа, ал II-сатыдан-0,12 МПа коллекторға жіберіледі. 5.2.4-қараңыз
14	«Пайдаланылған бу» турбиналарын орнату	Жылуландыру жүктемесі төмендеген кезде К-17-0,16 типті турбиналарды орнатуға болады, олар жылуландыру іріктеулері жұбында жұмыс істейді және қосымша 17 МВт өндіреді, жылуландыру іріктеулерін жүктеу есебінен жылуландыру өндірімі ұлғаяды, отын шығыны мен шығарындылары азаяды. Мұндай турбиналар Қазақстан Республикасының ЖЭО орнатылған. 5.2.4-қараңыз
15	Ұялы тығыздағыштарды қолдана отырып, бу турбиналарының ағынды бөлігін модернизациялау	Ұялы тығыздағыштар ағып кетуді азайтады және турбинаның ішкі салыстырмалы тиімділігін 1-2,5 % арттырады. 5.2.4-қараңыз
16	Гидрофобты жабындар есебінен ортадан тепкіш сорғылардың тиімділігін арттыру	Полимерлі материалдар негізіндегі гидрофобты жабындар үйкелісті азайтады, сорғының тиімділігін 3 % дейін арттырады
17	ЖРС жетектерінде және сорғыларда ГҮТ орнату	Айналымды механизмдердің (желдеткіштердің, түтін сорғылардың, қоректендіргіштердің, сорғылардың) өнімділігін ЖРС көмегімен айналу санын өзгерту арқылы реттеу электр энергиясын тұтынуды 20-25 % дейін азайтады
18	Газ тығыз панельдерді орнату есебінен КВТК-100 үлгісіндегі су жылыту қазандықтарының реконструкциясы	Ауа сорғыштардың жоғарылауы қазандықтың тиімділігінің төмендеуіне әкеледі. Экрандарды мембраналық құбырлардан газ тығыздағыш панельдерге ауыстырған кезде ауа сорғыштар азаяды, қазандықтың тиімділігі артады, отын шығыны мен шығарындылар азаяды. 5.2.4 қараңыз
19	Жылыту үшін сумен жабдықтаудың айналым жүйесінде жылу сорғыларын пайдалану	Өз мұқтаждарына (жылытуға) жеткілікті жылу тұтыну кезінде салқындатудың айналымдағы суына қосылған жылу сорғылары бар схема экономикалық жағынан ақталған болуы мүмкін, мұндай схемалар Қазақстан Республикасында жұмыс істейді. 5.2.4-қараңыз
20	Табиғи және моральдық жағынан тозған жабдықты жаңасына ауыстыру	Жұмыс уақытына, парк ресурсына, ұзартылған жеке ресурсқа байланысты пайдаланудан шығу уақыты келеді, өйткені жабдықты ауыстыру рәсімі жобаны әзірлеуге, мемлекеттік инспекцияға және т.б.. Ауыстыру техникалық сипаттамаларға және ҚО әсеріне сәйкес қолданыстағы кондырғыға қарағанда жақсы болуы керек
21	2000 сағ/г >>>300 МВт және жұмыс істейтін кондырғылардың зиянды заттар шығарындыларының артында АМЖ орнату	Техниканың өзі энергия тиімділігін арттырмайды, бірақ мониторинг нәтижелері бойынша қабылданған іс-әрекеттер шығарындыларды азайта отырып, кондырғының жұмысын жақсартады. Мониторинг әр кондырғының әсерін бағалау және әр кондырғының режимін реттеу үшін әр кондырғы бойынша жасалады. Түтін құбыры бойынша шығарындыларды бақылау жағдайында шығарындыларға қандай кондырғыдан және қандай кондырғыны түзету қажет екені анық болмайды. 5.2.4-қараңыз
		Техника металлургия өндірісінің немесе химия өнеркәсібінің технологиялық газын энергия өндіру үшін, кәсіпорын ресурстарын кешенді пайдалану және

22	Технологиялық газды басқару жүйесі	шығарындыларды азайту үшін отын жағатын қондырғыларда пайдалануды қарастырады
23	Түтін газдарының конденсаторы	Техника шығатын газдардың жылуын жою және түтін газдарын тазарту үшін қолданылады. 5.2.4-қараңыз
24	Ылғалды газ құбыры	Техника ылғалды түтін газдарынан су буының конденсациясы бар мұржаны ылғалды күкірттен тазартудан кейін газдарды қосымша қыздырмай жобалауға арналған.
25	Будың шектен асқан қысымының параметрлері (ШАҚ)	Қолданыстағы 300 және 500 МВт конденсациялық блоктар ШАҚ-да жобаланған: 23,5 МПа, 545/545 °С. ЕГРЭС-2 3 - блогы 24,2 МПа, 566/566 °С, электр пәк-41 %. Тек жаңа қондырғыларға арналған
26	Будың супер-шектен асқан қысымының параметрлері (ШАҚ)	Бу параметрлері >25-30 МПа, >>580-600 > > °С. Материалдар-аустинет класы. Тек жаңа қондырғыларға арналған
27	СШАҚ-дағы КЭС үшін буды екі есе өнеркәсіптік қыздыру	СШАҚ параметрлері кезінде будың екінші аралық қызуы орнатылады, циклдің жылу тиімділігі артады, будың соңғы ылғалдылығы төмендейді
28	Жұмыс режимдерін толық оңтайландырылған және ТЭП айқындалған ТП АБЖ	ЕКТ минималды отын шығыны мен шығарындылары бар қондырғылардың жұмыс режимін оңтайландырады, отынның нақты шығындарын есептейді, әр қондырғы үшін және тұтастай ЖЭС үшін таза электр тиімділігі, нақты уақыт режимінде ТЭП-ті бас кеңсеге жібереді

### 6.10.3. Ауаға NO<sub>x</sub> және/немесе СО шығарындыларын азайту техникалары

ЕКТ 63

#### 6.90-кесте. Ауаға NO<sub>x</sub> және/немесе СО шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы
1	2	3
1	Жетілдірілген басқару жүйесі	4.5; 6.1-бөлімдерді қараңыз
2	Ауаның сатылы берілуі	Техника құруды көздейді бірнеше аймақтарының жану жағу (КС) әр түрлі оттектің шығарындыларын азайту үшін NO <sub>x</sub> және қамтамасыз ету оңтайландырылған жану. Техника альфа <1 (және т. б. тапшылығы, ауа) негізгі жану аймағын және жану процесін жақсарту мақсатында аумағына альфа >1 (артық ауамен жұмыс істейтін) екінші қалпына келтіру аймағын қамтиды. Шағын қазандықтар үшін конструктивтік шектеулер.
3	NO <sub>x</sub> және SO <sub>x</sub> азайтудың аралас әдістері	4.1.4-бөлімін қараңыз
4	Жағуды оңтайландыру	6.10.2-бөлімін қараңыз
5	Микроалаулы алдыңғы құрылғылар	Техника газды және/немесе сұйық отынды жағатын газ турбиналарына арналған. Жанғанға дейін ауаны отынмен араластыру арқылы NO <sub>x</sub> аз микрофакельдер пайда болады
6		Техникада жану аймағына түтін газдарын беру, осы арқылы жану өнімдерімен сұйылту арқылы альфа <1 аймағын құру көзделеді, осының

	Түтін газының қайта айналымы	нәтижесінде NO <sub>x</sub> түзіледі. NO <sub>x</sub> түзілуін азайтудың орнына, газдарды қайта өңдеудің түтін сорғысы, СН-ге электр энергиясын тұтынудың аздап өсуі қажет.
7	Отынды таңдау	Отын әртүрлі болған кезде, N мөлшері аз отынды таңдаған жөн.
8	Отынды сатылы жағу	4.1.3.3-4.1.3.6-бклімерді қараңыз
9	Саркылған қоспа жануының жақсартылған жүйесінің қағидаты	Бұл техника газ турбиналарына қолданылады, оның ішінде жылу NO <sub>x</sub> пайда болмайтын максималды температураны бақылау, ол үшін отын/ауа қатынасы төмен болады
10	Төмен эмиссиялық жанарғылар	Мұндай жанарғылардың конструкциясы жану процесін қатайту және максималды температураны төмендету арқылы отын мен ауаны араластыруға негізделген, NO <sub>x</sub> түзілмеген кезде оттегінің жетіспеушілігі отын азотының тотығуына жол бермейді, сонымен бірге қажетті деңгейде жылу шығаруды қамтамасыз етеді. Бұл техника пеш камераларының модификацияланған конструкциясымен байланысты болуы мүмкін. Жанарғылардың конструкциясы отынды сатылы жағуды қамтамасыз етеді. Қолданыстағы пеш конструкциялары NO <sub>x</sub> түзілуін азайту әсерін төмендетуі мүмкін
11	NO <sub>x</sub> түзілуі төмен қозғалтқыштарда дизель отынын жағу қағидаты	Техника азот оксидтерінің минималды түзілуімен жағуды оңтайландыруды қамтамасыз ете отырып, турбоурегіштің кіріс клапанын жабудың және ауа кіріс клапанын ертерек жабудың алдындағы соңғы сатысында отынды бөлшектеп бүркуге негізделген
12	Тотығу катализаторлары	Палладий және платина негізіндегі катализаторлар көміртегі тотығын CO <sub>2</sub> -ге және су буына тотықтыру үшін қолданылады
13	Жағуға арналған ауа температурасының төмендеуі	Қоршаған орта температурасы кезінде ауа ауа жылытқышқа жіберілмей беріледі, NO <sub>x</sub> түзілмейтін жану аймағының температурасын төмендетеді.
14	СКҚ	4.1.3.13-бөлімін қараңыз
15	СКЕК	4.1.3.12-бөлімін қараңыз
16	Бу/су бүрку	Жану температурасын төмендету үшін жылу NO <sub>x</sub> пайда болуын азайту үшін су немесе бу жіберіледі. Су немесе бу отынмен жағу процесіне дейін араластырылады. Дизельді қозғалтқыштар мен газ турбиналары үшін жиі қолданылады

#### 6.10.4. Ауаға SO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту техникалары

6.91-кесте. Ауаға SO<sub>x</sub> шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы
1	2	3
1	Сорбентті қазандыққа (пешке) енгізу	Құрғақ сорбентті жану камерасына тікелей бүрку немесе магний немесе кальций негізіндегі абсорбенттерді қайнаған қабатты қазандық қабатына қосу әдісі. Сорбент бөлшектерінің беті SO <sub>2</sub> -мен түтін газдарында немесе қайнаған қабаты бар қазандықта әрекеттеседі. Бұл әдіс негізінен шаңды жинау әдісімен бірге қолданылады

2	АҚК-мен құрғақ тазарту скруббері	Қазандықтың ауа жылытқышынан шығатын газдар Вентури бөлімі арқылы АҚК адсорберіне түседі, онда сорбент пен су түтін газдарының ағынына бөлек енгізіледі. Бұл техниканы шаң тұтумен бірге қарастырады
3	NO <sub>x</sub> және SO <sub>x</sub> төмендету үшін аралас әдістер	5.2.4-қараңыз
4	Түтін газдарының конденсаторы	5.2.4-қараңыз
5	Технологиялық газды басқару жүйесі	6.54*кестені қараңыз
6	Теңіз суын немесе тазартылған суды пайдаланып күкіртсіздендіру	Теңіз немесе тазартылған суды пайдаланып дымқыл тазарту әдісі эмульгаторларда бір мезгілде шаңды ұстап тұрады. Тазарту дәрежесі судың құрамына және рН-ға байланысты
7	Құрғақ күкірттен тазарту техникасы	Сілтілі реактив ерітіндісі түтін газдарының ағынына енгізіледі, реагент күкірт оксидтерімен реакцияға түсіп, сүзгі немесе электр сүзгісі арқылы алынатын қатты заттарды құрайды
8	Ылғалды жолмен күкіртсіздендіру	5.2.4-қараңыз
9	Аммиак-сульфат технологиясы (АСТ)	5.2.4-қараңыз

### 6.10.5. Отынмен жұмыс істеу кезінде (түсіру, тасымалдау, сақтау) қоршаған ортаға әсерін төмендету техникалары

#### 6.92-кесте. Ауаға шаң шығарындыларын азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы
1	2	3
1	Қапшық сүзгілер	Қапшық сүзгілер газдарды өткізетін, бірақ қатты бөлшектерді ұстайтын кеуекті құрылымды матадан немесе синтетикалық талшықтан жасалған материалдарды пайдаланады. Қапшық сүзгінің материалдарын таңдау түтін газының сипаттамаларына, соның ішінде температураға байланысты. Жоғары аэродинамикалық кедергісі бар
2	Сорбентті қазандыққа (пешке) енгізу	4.1.2.4-бөлімді қараңыз
3	Құрғақ немесе жартылай құрғақ күкіртсіздендіру техникасы	4.1.2.10; 4.1.2.11; 4.1.2.13-бөлімдерді қараңыз
4	Электр сүзгісі	тұрақты кернеуі 90-150 кВ болатын электростатикалық өрісте қатты бөлшектерді ұстау. Ол бірнеше өрістерден тұрады, олардың біреуі орналасқан бөлшектерді шайқау кезінде ажыратылады. Орындау үшін газдардың жылдамдық шарттары үлкен. Қолданыстағы қондырғылар үшін габариттері бойынша шектеулер болуы мүмкін
5	МЕЕТ техникасы, қозғалмалы электродтары бар электр сүзгілері	Mitsubishi-Hitachi патенттелген технологиясы - шөгінді электродтар шексіз таспа түрінде жасалады, жабысқақ бөлшектер айналмалы немесе бекітілген щеткалармен тазаланады. Тұту деңгейі жоғары, күлділігі 12-14 % дейін көмірді жаққан кезде 10 мг/Нм <sup>3</sup>

6	Аккумуляторлы және/немесе шығыршықты эмульгаторлар	Панарин немесе Кочетковтың шығыршықты конструкцияларының батареялық эмульгаторлары күлді 99,6 %-ға дейін ұстап, күкірт оксидтерінен 20 %-ға дейін тазартуды қамтамасыз етеді
7	Отынды таңдау	Күлділігі төмен отынды пайдалану

## 6.10.6. Су объектілеріне төгінділерді азайту техникалары

### 6.93-кесте. Су объектілеріне төгінділерді азайту техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы
1	2	3
1	Белсендірілген көмірмен адсорбциялау	Қатты, жоғары кеуекті бөлшектердің бетінде еритін ластағыштарды тұтып қалуға арналған. Органикалық қосылыстардың адсорбциясы үшін әдетте белсендірілген көміртек қолданылады (6.3.8 қараңыз)
2	Анаэробты биологиялық тазарту	Микроорганизмдердің метаболизмі арқылы ластағыш заттарды биологиялық қалпына келтіру үшін (мысалы, нитрат ( $\text{NO}_3^-$ ) қарапайым азот газына дейін азаяды. Ылғалды тазарту жүйелерін қолданғаннан кейін сарқынды суларды анаэробты тазарту, әдетте, тасымалдаушы ретінде белсендірілген көміртек қолдана отырып, бекітілген пленкалы биореакторларда жүзеге асырылады
3	Коагуляция және флокуляция	Коагуляция және флокуляция сарқынды сулардан тоқтатылған қатты заттарды бөлу үшін қолданылады және көбінесе дәйекті схема бойынша жүзеге асырылады. Коагуляция тоқтатылған қатты заттардың зарядтарына қарама-қарсы зарядтары бар коагулянттарды қосу арқылы жүзеге асырылады. Флокуляция полимерлерді қосу арқылы жүзеге асырылады, нәтижесінде микрофлокуляцияланған бөлшектердің сЕҚТығысуы олардың қосылуына әкеліп соғады, нәтижесінде үлкен флокуляцияланған бөлшектер пайда болады
4	Кристалдану	Сарқынды сулардан иондық ластағыш заттарды құм немесе минералдар сияқты тұқым материалында кристалдану арқылы қайнаған қабатта алып тастау
5	Сүзу	Қатты бөлшектерді сарқынды сулардан кеуекті орта арқылы бөлу. Бұл әдіс құм арқылы сүзу, микрофльтрация және ультрафльтрация сияқты әртүрлі әдістерді қамтиды
6	Флотация	Сарқынды сулардан қатты немесе сұйық бөлшектерді сирек кездесетін газдың, әдетте ауаның көпіршіктеріне бекіту арқылы бөлу. Қалқымалы бөлшектер су бетінде жиналып, тартқышпен жиналады
7	Иондық алмасу	Ионды ластағыштарды сарқынды сулардан ұстап тұру және оларды ион алмасу шайырының көмегімен тиісті иондармен алмастыру. Ластағыштар уақытша сақталады және кейіннен регенерация немесе кері жуу сұйықтығына шығарылады. Регенерация кезінде прекурсорлар қолданылады
8	Бейтараптандыру	Химиялық заттарды қосу арқылы сарқынды сулардың рН деңгейін рН=7 дейін реттеу. рН деңгейін жоғарылату үшін әдетте натрий гидроксиді $\text{NaOH}$ немесе кальций гидроксиді $\text{Ca}(\text{OH})_2$ қолданылады, ал күкірт қышқылы $\text{H}_2\text{SO}_4$ , тұз қышқылы $\text{HCl}$ немесе көміртегі диоксиді $\text{CO}_2$ рН деңгейін төмендету үшін қолданылады. Бейтараптандыру кезінде кейбір ластағыш заттардың жауын-шашыны пайда болуы мүмкін
9	Суды мұнайдан бөлу	Сепаратор, гофрленген тақтайша тұзағы немесе параллель тақтайша тұзағы сияқты құрылғыларды қолдана отырып, ауырлық күшінің әсерінен гравитациялық бөлу арқылы сарқынды сулардан бос майды кетіру. Мұнайдан суды бөлу әдетте флотациямен және коагуляция/флокуляцияны қолданумен бірге жүреді



10	Тотығу	Химиялық тотықтырғыштармен ластағыш заттарды аз қауіпті және/немесе тазартуға болатын ұқсас қосылыстарға айналдыру. Сульфитті ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) сульфатқа ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) дейін тотықтыру үшін дымқыл тазарту жүйелерін пайдаланудан сарқынды суларға қатысты ауа қолданылуы мүмкін.
11	Тұтып қалу	Химиялық тұндыру реактивтерін қосу арқылы еріген ластағыш заттарды ерімейтін қосылыстарға айналдыру. Пайда болған қатты тұндырғыш реактивтер кейіннен аулау, флотация немесе сүзу процесінде бөлінеді. Металдарды алу үшін қолданылатын әдеттегі химиялық заттар-эк, доломит, натрий гидроксиді, натрий карбонаты, натрий сульфиді және органикалық күкірт қосылыстары. Кальций тұздары (әктен басқа) сульфатты немесе фторидті алу үшін қолданылады
12	Тұндыру	Гравитациялық тұндыру арқылы қалқыма қатты заттарды алып тастау
13	Айдау	Сарқынды сулардан ұшпа ластағыштарды (мысалы, аммиак) оларды газ фазасына тасымалдау үшін қарқынды газ ағынын қолдану арқылы шығару. Ластағыштар буланған газдан кейін тазарту арқылы шығарылады және ықтимал қайта пайдаланылуы мүмкін

### 6.10.7. Отынмен жұмыс істеу техникалары

#### 6.94-кесте. Отынмен жұмыс істеу техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы
1	2	3
1	Аспирациясы бар жабық үй-жайларда қатты отынды түсіру	Көмірді түсіру кезінде шаң шығарындыларын болғызбау және азайту үшін жабық үй-жайларда аспирация жүйесін орнату қажет
2	Қатты отынды өңдеу кезінде оның құлауының ең төменгі биіктігін қамтамасыз ететін жабдықты пайдалану.	Қоймаға шаңдануды төмендету үшін жұмсақ қорғаныш алжапқышымен жабдықталған телескопиялық құбыр арқылы отын беру кезінде
3	Көмір қатарларын қатардың ішінде тотығуына байланысты отын шығынын азайту үшін тығыздау немесе герметизациялау	Өздігінен тұтануды болғызбау үшін қатарларды бульдозерлердің немесе тракторлардың көмегімен жазу жүргізіледі
4	Құю тораптарын аспирация жүйелерімен жабдықтау	Қайта құю тораптарында шаң шығарындыларын азайту үшін аспирация жүйесі немесе бу шаңын басу орнатылады
5	Отын беретін үй-жайларды гидро-және пневмовакуумды жинау	Отын беретін үй-жайларда тазалықты сақтау және шаңның шоғырлануын төмендету үшін шаңсорғыштарды пайдалана отырып, ауысымда екі рет ылғалды жинау жүргізіледі
6	Көмір қоймасының гидроқшаулағышы және дренаж жүйесі	Топырақтың ластануын болғызбау және азайту үшін
7	Көмір қоймасындағы өрт ошақтарын анықтау	Тотығу кезінде отын шығынын азайту үшін. Қойманы дабылмен және бейне мониторлармен жабдықтау
8	Көмір қоймасының желден қорғайтын қоршаулары	Ауаға және ЖЭС аумағына шаң шығарындыларын төмендету үшін
9	Сұйық отын қоймасын топырақ үйіп бекіту	Отын шығынын және топырақтың ластануын азайту үшін қоршалған аумақтың көлемі резервуардың көлеміне тең
10	Төгу жабдықтарына арналған алаңдар бетондалуы және төгілген мазутты қақпанға шығаруға арналған орлары болуы тиіс	Топырақтың және ЖЭС аумағының ластануын төмендету үшін, кейіннен жинау және кәдеге жарату үшін
11	ЖЭС төгу немесе кәдеге жарату алдында нөсер және қар еріген суларды жинау және тазарту	Топырақтың және ЖЭС аумағының ластануын төмендету үшін, кейіннен жинау және кәдеге жарату үшін
12	Сұйық отынның температуралық режимі	Тұтану жағдайында өртке қарсы шараларды қамтамасыз ету үшін

13	Майланған және майланған суларды жинау және кәдеге жарату	Топырақтың және ЖЭС аумағының ластануын төмендету үшін, кейіннен жинау және кәдеге жарату үшін
14	ГТП және газ құбырларындағы сақтандыру клапандары	Газ құбырлары мен жабдықтардың ажырауын болғызбау үшін

## 6.10.8. Майлармен жұмыс істеу техникалары

### 6.95-кесте. Майлармен жұмыс істеу техникалары

Р/с №	Техникасы	Сипаттамасы
1	2	3
1	Майдың азаюын болғызбау	Резервуарларды майдың белгіленген немесе шекті деңгейіне жеткен кезде резервуарларға май беретін сорғылардың жұмысын сигнализациялауды және бұғаттауды қамтамасыз ететін май деңгейінің көрсеткіштерімен жабдықтау
2	Майдың ластануын, қалдықтардың пайда болуын, атмосфераға май буының шығарындыларын болғызбау	Май резервуарларын май қақпаларымен немесе айналма клапандармен және кептіргіштің жай күйінің индикаторларымен жабдықтау
3	Майдың ластануын және қалдықтардың пайда болуын болғызбау	Резервуарлардың (май цистерналарының) ішкі беттерін арнайы май-бензинге төзімді коррозияға қарсы жабындардың көмегімен қорғау
4	Майдың ластануын және қалдықтардың пайда болуын болғызбау	Ашық қоймадағы май бактарын және май құбырларын жылу оқшаулағышпен және жылыту құрылғыларымен жабдықтау
5	Майдың ластануын және қалдықтардың пайда болуын болғызбау	Резервуарларда, май құбырларында май сынамаларын алуға арналған нүктелер құрылғысы
6	Майдың көлемінің азаюын болғызбау немесе азайту	Технологиялық және дренаждық май құбырларында бекіту арматурасын орнату
7	Майдың ластануын, қалдықтардың пайда болуын, атмосфераға май буының шығарындыларын болғызбау	Резервуарлардың толып кету сызықтарын гидротығыздағыштармен жабдықтау
8	Майдың ластануын және қалдықтардың пайда болуын болғызбау, қалпына келтірілген майдың сапасын арттыру	Май шаруашылығы схемаларын майдың сапасын бақылаудың ендірілген датчиктерімен жарактандыру
9	Қалдықтардың пайда болуын болғызбау	Қосалқы жабдықта негізгі жабдықта қолдануға жарамсыз трансформаторлық және турбиналық майларды пайдалану
10	Қалдықтарды кәдеге жарату	Қазандықтарда пайдаланылған майларды кәдеге жарату
11	Өрт қауіпсіздігі	Майды ағызу кезінде өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету
12	Өрт қауіпсіздігі	Мазут және май шаруашылығы жабдықтарын жерге тұйықтау есебінен өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету

## 7. Перспективалы техникалар

Бүгінгі таңда энергетиканың сенімділігі, қол жетімділігі, экологиялық таза және қауіпсіздігі сияқты басымдықтар бірінші орынға шығып отыр. Еуропалық Одақтың, Ресейдің, Қазақстанның энергетикалық секторын дамыту стратегияларында басым

міндеттер ретінде энергия тиімділігін арттыру және дәстүрлі генерацияны жаңғырту, қазбалы отын есебінен алынатын энергия үлесін азайту, жаңартылатын көздер есебінен өндірілетін энергия үлесін арттыру және баламалы энергия көздерін дамыту белгіленген. Бұл мәселелерді шешудің негізгі құралдары-жаңа технологияларды зерттеу және дамыту. Энергетикада жаңа технологияларды енгізудің маңызды ынталандырушысы ақпараттық технологиялардың даму жылдамдығы болып табылады.

Негізгі назар орталықтарының бірі «таза энергетика» болып қалуда, оның құрамдас бөліктері зиянды заттардың ең аз шығарындыларымен тиімді жылу генерациясы және жаңартылатын энергия көздері болып табылады. «Таза энергетиканы» дамыту үшін инвестициялардың едәуір бөлігін дәстүрлі жылу энергетикасы секторына емес, жаңартылатын секторға бағыттай отырып, электр энергиясын өндіруге инвестициялардың қазіргі заманғы деңгейін ұстап тұру талап етіледі.

### **7.1. Базалық және баламалы энергетиканы үйлестіру жолдары**

Қазақстанның қазіргі электр энергетикасы энергияны түрлендірудің машиналық тәсілдеріне негізделеді: отынның жануынан жылу энергиясы айнарудың механикалық энергиясына, одан әрі электр генераторында - электр энергиясына айналады.

Бұл ретте Қазақстан өз алдына ЖЭК дамыту жөнінде өршіл мақсаттар қойды: электр энергиясын өндірудің жалпы көлеміндегі жаңартылатын энергетика үлесін 2020 жылы 3 %-ға дейін (орындалды), 2025 жылы 6 %-ға дейін, 2030 жылға қарай-10 %-ға дейін жеткізу, 2050 жылға қарай жалпы энергия тұтынудың кем дегенде жартысы жаңартылатын және баламалы энергия көздеріне тиесілі болуға тиіс.

2020 жылдың басында Қазақстанда белгіленген қуаты 1050,1 МВт болатын 90 ЖЭК объектісі жұмыс істеді, оның ішінде 19 жел, 31 күн, 37 су электр станциясы және 3 биоотын электр станциясы бар. Оның ішінде 2019 жылы қуаты 500 МВт-тан асатын 21 нысан іске қосылды. Осылайша, 2019 жылы Қазақстанда орнатылған ЖЭК қуаты екі есеге артты: 2018 жылғы 531 МВт-тан 2019 жылдың қорытындысы бойынша 1050 МВт-қа дейін.

ЖЭК объектілерінің өсіп келе жатқан қуаты дәстүрлі және баламалы энергетиканы үйлестіру жөніндегі көптеген мәселелерді шешуді талап етеді.

Бүгінгі таңда дәстүрлі (базалық) көмір және газ генерациясы объектілерін дамытудың негізгі бағыттары органикалық отынның химиялық энергиясын пайдалану тиімділігін арттыруға, зиянды шығарындыларды азайту және ұстап қалу жөніндегі шаралардың көмегімен энергетиканың қоршаған ортаға теріс әсерін түзетуге байланысты.

Қазақстанда электр энергиясының 75 %-дан астамы бу турбиналы ЖЭС-те, көбінесе көмірде өндіріледі, бұл ретте олардың орташа ПЭК 35 %-дан аспайды. Осыған байланысты бу-газ электр станциялары (ПБГК) екі есе тиімді-тиімділігі 58-60 %.

Көмір генерациясы үшін электр энергиясын өндіру тиімділігін арттырудың неғұрлым перспективалы бағыттарын бу турбиналы электр станцияларындағы бу параметрлерін ШАҚ және ультра аса критикалық (ШАҚП) параметрлерге дейін одан әрі арттыру, циклішілік газдандырумен бу-газ қондырғыларының технологияларын дамыту және ЕҚТ қолдана отырып қолданыстағы көмір генерациясын жаңғырту, ал газ генерациясы үшін бу-газ технологияларын дамыту, күрделі циклді ГТҚ және отын элементтерін қолдану деп есептеген жөн.

Көптеген дамыған елдерде олар табиғи газды тек бу-газ электр станцияларында ғана заңнамалық деңгейде қолдануға бұйрық береді. БГҚ қолдану электр энергиясын өзгеріссіз өндіру кезінде газ тұтынуды едәуір қысқартуға немесе газ тұтынудың сол деңгейінде оның өндірісін едәуір арттыруға (бұл әсіресе қыс айларында, газ жеткізудің объективті шектеулері аясында өзекті), сондай-ақ электр станцияларының маневрлігін арттыруға мүмкіндік береді.

XXI ғасырда энергетика саласын дамытудың негізгі тренді қоршаған ортаға барынша аз теріс әсер ете отырып, планетаның өсіп келе жатқан халқының қажеттіліктерін ең жақсы түрде, яғни ең аз шығынмен және ең тиімді түрде қанағаттандыратын технологияларды іске асыру болып табылады.

Қазақстан үшін ықтималдық үлесі жоғары болғандықтан, көмір жану өнімдерін жағудың, тазартудың және кәдеге жаратудың күрделі технологияларына қарамастан, елеулі қорлары мен нарықтық құнының төмен болуына байланысты ЖЭС үшін қазбалы отынның негізгі түрлерінің бірі болып қалады деп болжауға болады.

Көмір жылу электр станцияларының ПӘК-ін арттыру атмосфераға зиянды шығарындылардың үлестік көлемін қуат бірлігіне қысқартуға және өндірілетін энергияның құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Экономикалық пайдадан басқа, жабдықтарды жаңғырту станцияларға ЖЭК интеграциясы ұлғайған кезде жаңа экологиялық стандарттар мен нарық жағдайларына сәйкес келуге мүмкіндік береді.

Көмір станциялары үшін бу турбиналық циклдің термодинамикалық параметрлерін - бу температурасы мен қысымын арттыру технологиялары неғұрлым перспективалы болып ұсынылады. Қазақстанда бу турбиналы блоктық электр станцияларында будың аса критикалық параметрлері іске асырылған, олар осындай энергия қондырғыларында 37-38 % деңгейінде пәк көрсеткіштеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді, алайда 33-35 % тиімділікпен жұмыс істейтін бірқатар объективті себептерге байланысты. АҚШ, Еуропа, Жапониядағы қазіргі заманғы бу турбиналы электр станцияларында мұндай энергия қондырғыларында 45-46 % деңгейінде пәк көрсеткіштеріне қол жеткізуге мүмкіндік беретін будың аса жоғары критикалық параметрлері іске асырылған. Көптеген есептеулер көрсеткендей, тиімділіктің 50 % кедергісін жеңу үшін УШАҚП деңгейіне өту керек. Қатты отынмен электр энергиясын өндіру тиімділігін арттыру және CO<sub>2</sub> шығарындыларын азайту үшін УШАҚП-энергия блоктарын құруға

бағытталған кең ауқымды зерттеулер Еуроодақта, АҚШ-та, Жапонияда және Қытайда, сондай-ақ Оңтүстік Корея мен Үндістанда жүргізіледі.

Көмір станцияларының шығарындыларын азайтудың, жану өнімдерін тазартудың, кәдеге жаратудың және көмудің белгілі әдістері өте капиталды және энергияны қажет етеді, көп жағдайда электр станциясын салу құнын екі есе арттырады және өндірілетін энергияның шамамен 10 % тұтынады. Сондықтан көмір генерациясы үшін жанған отын мөлшерін азайту есебінен зиянды шығарындыларды азайтатын электр энергиясын өндіру тиімділігін арттыру маңызды бола түседі.

Әлемде көмір генерациясы үлесінің төмендегенін атап өткен жөн. Көмір станцияларын пайдаланудан шығару ЕО мен АҚШ-тан бастап, дамушы елдер, ең алдымен, ауаның ластануын шектеу бойынша қабылдаған халықаралық міндеттемелер аясында қосыла бастаған бүкіл әлемде қарқын алуда.

2016 жылы көмірмен жұмыс істейтін жаңа қуаттылықтардың бұрын-соңды болмаған көлемінің онжылдығынан кейін салынып жатқан станциялардың саны едәуір қысқарды, негізінен Қытай мен Үндістанның саясатына байланысты, онда жалпы қуаттылығы 68 ГВт болатын 100-ден астам нысанның құрылысы теқтатылды.

2000 жылы Қытайдағы көмір паркі көптеген ескі қуаты аз станциялардан тұрды. 2004 жылдан бастап, әсіресе 2006-2010 жылдардан бастап бесжылдық аясында қытай ең үлкен және тиімді көмір станцияларын салуда үлкен серпіліс жасады: жалпы қуаты 77 ГВт болатын 100 МВт-тан аз ескі шағын ЖЭС жабылды; 200 МВт және 300 МВт станциялардың тиімділігі артты. Ал 2006 жылы Қытайдың ұлттық даму және реформалар комиссиясы қуаты 600 МВт және одан жоғары көмір станцияларының құрылысын ғана мақұлдайтынын жариялады, бұл энергоблоктар будың аса - және ультра-аса критикалық параметрлерінде жұмыс істейтін болады [37]. Он жылдан кейін Қытай өсіп келе жатқан көмір секторының артық қуатына тап болды. 200 жаңа көмір станциясын салу жобалары теқтатылды. Сонымен бірге, Қытай қолданыстағы станциялардың тиімділігі мен икемділігін арттыру шешімдерін әзірлеу үшін 15 пилоттық станцияны іске қосатынын жариялады.

Заманауи ЖЭС маневрлігін арттыру үшін станциядағы барлық процестерді оның басқарылуы мен сенімділігін арттыру үшін автоматтандыру маңызды болып табылады. Оңтайлы режим деп қазандық агрегаттары (бу генерациясы) мен турбоагрегаттар (өндірілген электр энергиясы, өндірістік және жылуландыру іріктеулерінен жылу жіберу) арасында электр және жылу жүктемелерінің осындай бөлінуі түсініледі, бұл кезде өндіру үшін ең аз тұтынушыларға жылу беру кестесін сөзсіз орындау кезінде электр энергиясын сатудан ең жоғары пайда алу қамтамасыз етіледі.

Қазіргі заманғы нарықтық жағдайлар базалық жүктеме режимінде жұмыс істеуге дағдыланған дәстүрлі жылу генерациясынан ЖЭК-пен жұмыс істеудің сенімді «тылын» қамтамасыз ету үшін барынша икемділік пен маневрлікті талап етеді. Мұндай жұмысты қамтамасыз ету үшін негізгі элементке дейін азаяды: генерациялайтын компания үшін

станциялардың жұмыс режимін жоспарлау басымдық болып табылады, ЖЭС үшін - станцияның жұмысын бақылау және бақылау бағдарламаларына баса назар аудара отырып, жабдықтың пайдалану көрсеткіштері, талдау орталықтары үшін - сұраныстың, қол жетімді қуаттың және болжамның арақатынасы үшін деректер жинау [62].

ЖЭК дамуының қарқыны дәстүрлі энергия тасымалдаушылардан бас тартуды білдірмейді. Мысалы, Данияда жел энергетикасының әрбір ГВт қуатына атом немесе көмір генерациясының резервтік қуаты 300 - 500 МВт қажет екендігі анықталды. Тиісінше, ЖЭК-те қуат көлемінің ұлғаюы жылу генерациясы көлемінің пропорционалды төмендеуін білдірмейді [81]. Алайда, дәстүрлі ЖЭС-тің энергия тиімділігіне қойылатын талаптар заңнама деңгейінде де, нарық жағдайында да қатаңдатылады.

Мысалы, АҚШ-тың қоршаған ортаны қорғау агенттігінің (EPA) соңғы талаптарына сәйкес көмір станциялары үшін  $\text{CO}_2$  шығарындыларына шектеулер орнатылды (әр МВтс үшін 636 КГ-нан аспайды), олар  $\text{CO}_2$  жинау және сақтау немесе оны қайта өңдеу қондырғылары болған кезде ғана жүзеге асырылуы мүмкін, өйткені ССКП-де жұмыс істейтін станция шығарындыларының орташа мөлшері 800 КГ/МВтс құрайды.

МЭА болжамына сәйкес 2040 жылға қарай барлық жаңа электр генерациялайтын қуаттардың шамамен 60 %-ы ЖЭК-пен қамтамасыз етілетін болады және бұл қуаттардың көпшілігі 2040 жылға қарай бәсекеге қабілетті болады. Жаңартылатын энергия электр энергиясының төрт ірі нарығында (Қытай, АҚШ, ЕО және Үндістан) негізгі генерация көзіне айналады. 2040 жылға қарай күн электр энергетикасында орташа шығындар тағы 50 %-ға, ал жерүсті жел энергетикасында тағы 20 %-ға қысқарады деп күтілуде. Сонымен қатар, инновациялық жобалардың әрқашан тәуекелі көп. Осындай көздерден электр энергиясын өндірудің тұрақсыздығына байланысты ЖЭК негізінде генерация үлесінің қарқынды өсуі қалған генерацияның икемділігін арттыру қажеттілігіне және энергия жүйесіндегі қуат резервтерінің деңгейін арттыру қажеттілігіне алып келеді.

Оң нәтижелермен қатар әлемдік тәжірибе көптеген елдерде ЖЭК қолдау жөніндегі шаралар ЖЭК негізінде Энергия қондырғыларын салуға инвестициялардың бақылаусыз өсуіне және тиісінше өндірілетін электр энергиясының жалпы көлемінде ЖЭК-тен өндірілетін электр энергиясының үлес салмағының айтарлықтай өсуіне алып келгенін көрсетті. Бұл тұрақсыз генерациялау көздерінен (ЖЭК негізіндегі энергия қондырғылары қандай болып табылады) электр энергиясын жеткізуді теңгеру үшін энергия жүйесінде қосымша маневрлік және резервтік қуаттар құру қажеттілігінен туындаған жаңа проблемалардың туындауына себеп болды. Сондай-ақ көптеген жағдайларда электр желілік инфрақұрылымды күшейту және дамыту талап етілді, бұл өз кезегінде компаниялардан қосымша салымдар талап етті.

2017 жылы «ЖЭК пайдалануды қолдау туралы» Қазақстан Республикасының Заңына тіркелген тарифтер тетігінен ЖЭК жобаларын іріктеу бойынша аукциондық сауда-саттыққа көшуді көздейтін түзетулер енгізілді. Қазақстанда ЖЭК іріктеуде аукциондық құралды қолдануға көшудің бірқатар артықшылықтары бар. Атап айтқанда, жоба жеңімпаздарын анықтау кемсітпейтін бәсекелі іріктеу негізінде жүргізіледі. Қазақстанда осындай сауда-саттықты өткізу тәжірибесі де олардың артықшылықтарын көрсетті.

ЖЭК нысандарынан электр энергиясын өндіру 2014 жылғы 8 млн кВтс-тан 2019 жылы 1348 млн кВтс-қа дейін өсті.

Қазақстанда ЖЭК қолдау тетігінің қабылданған өзгерістеріне және ЖЭК технологиясының арзандауына қарамастан, ЖЭК электр энергиясы қымбат болып қалатынын атап өткен жөн. Мәселен, егер электр энергиясының көтерме құны 7-8 теңге /кВтс болса, онда ЖЭК электр энергиясының орташа бағасы 34 теңге/кВтс құрайды. ЖЭК электр энергиясының жоғары құнын назарға ала отырып, тұтынушыларға өсіп келе жатқан экономикалық әсерді ескере отырып, ЖЭК жоспарлы түрде дамыту қажет. Күн және жел электр станцияларын өз генерациясын жедел өзгертуге қабілетті икемді резервтік қуаттармен резервтеу қажеттілігімен шарттасқан электр энергиясының туындайтын теңгерімсіздіктерін реттеу проблемасы өзекті күйінде қалып отыр.

Маневрлік резервтік қуаттың тиісті көлемі дәстүрлі электр станцияларында қамтамасыз етілуі тиіс, бұл қуаттың ыстық резервін ұстауға едәуір қосымша шығындарды болжайды.

Осылайша, маневрлік генерациялайтын қуаттардың қазіргі тапшылығы жағдайында Қазақстанда ЖЭК-ті ауқымды енгізу үшін басты сын-қатер елдің энергия жүйесі жұмысының тұрақтылығын қамтамасыз ету болып табылады.

Осыған байланысты Қазақстанның біртұтас электр энергетикалық жүйесінің сенімді және тұрақты жұмысын және тұтынушыларды үздіксіз электрмен жабдықтауды қамтамасыз ету мақсатында инвесторлар үшін тартымдылықты қамтамасыз етуге, маневрлік өндіруші қуаттарды салуға және жаңғыртуға, оның ішінде реттеуші СЭС және контрреттегіштер салу үшін мемлекеттік қолдау жағдайларын жақсартуға мүмкіндік беретін пәрменді тетіктерді енгізу қажет.

## **7.2. Орталықтандырылмаған энергиямен жабдықтау орны**

Энергия ресурстарын тұтыну жүктемелерінің өндірістік мақсаттар үшін де, адам өмірі үшін де шоғырлануы энергиямен қамтамасыз етудің барлық жүйелерін олардың функционалды орталықтандырылуымен ірілендірудің Әлеуметтік және техникалық қажеттілігін объективті түрде анықтайды. Осылайша, орталықтандырылған ресурстар көздеріне (МАЭС, СЭС, ЖЭО, су қабылдағыштар, газ құбырлары) негізделген

орталықтандырылған электрмен жабдықтау, жылумен жабдықтау, газбен жабдықтау, сумен жабдықтау жүйелері айқын, техникалық ұтымды және әлеуметтік негізделген болып көрінеді.

Орталықтандыру қағидатын сандық негізде емес (жеке қуат) емес, жеке тұтынушы ( мүмкін топтық) шеңберіндегі Орталық көз негізінде тұтынушылардың топтық бірлестігі негізінде, мысалы, пәтер, коттедж, көп қабатты ғимарат ретінде қарастыра отырып, салыстырмалы түрде үлкен қалаларда электр және газбен жабдықтау да, сумен жабдықтау да орталықтандырылмаған жүйелер ретінде дами алмайды деп айтуға болады. Бұл шағын елді мекендерде (аз қабатты ғимараттар үшін), жекелеген кәсіпорындарда, фермерлік шаруашылықтарда, сөзсіз, энергиямен қамтамасыз етудің баламалы көздерін қоса алғанда, мұндай мүмкіндікті жоққа шығармайды.

Дизель генераторлары немесе газ турбиналық қондырғылар (ГТҚ) негізінде жылу, электрмен жабдықтаудың орталықтандырылмаған көздері әртүрлі елдерде, оларды қолдану баламасыз жерлерде кеңінен қолданылды. Олар орталықтандырылған электрмен жабдықтаудың ірі энергетикалық қондырғыларымен бәсекеге түсе алмады. Жылумен жабдықтау жүйелері үшін ерекше орын анықталды, оларды құру кез-келген жағдайда жылу өндіру қағидаты бойынша орталықтандырылған және орталықтандырылмаған, энергияны орталықтандырылған жеткізу жүйелеріне негізделген (газ құбыры желісі, электр желісі немесе сұйық немесе қатты отынды орталықтандырылған жеткізу). Мұндағы мәселенің мәні-өндіріс орны және қажетті параметрлердің салқындатқышын қажетті мөлшерде бөлу әдісі. Тұрғын үй ғимаратын инженерлік қамтамасыз етудің жалпы инфрақұрылымындағы жылумен жабдықтау жүйесінің ерекше рөлі мен орны ұзақ жылыту кезеңі бар және ғимараттарды жылыту мақсатына үлкен энергия шығыны бар солтүстік өңірлерде қалыптасады. Қуатты жылу көздері негізінде жылумен жабдықтау жүктемелерінің шоғырлануы кейіннен жүктемені тұтынушылар желісі бойынша бөле отырып, әлеуметтік және техникалық-экономикалық тәртіптің едәуір артықшылықтарымен қамтамасыз етеді.

Жылу энергиясын өндіруді орталықтандыру төмендегілерге қол жеткізуге мүмкіндік береді:

мамандандырылған кәсіби қызметкерлер пайдаланатын қуатты жылу көздері арқылы жылу энергиясын өндірудің максималды тиімділігі;

электр және жылу энергиясын бірлесіп өндіру кезінде неғұрлым тиімді термодинамикалық цикл бойынша жұмыс істейтін ірі энергетикалық қондырғылар базасында орталықтандыруды неғұрлым ұтымды пайдалану (электр тұтыну жүктемесінде басымдығы бар ЖЭО, бу-газ циклі бар тиімділігі жоғары ЖЭО);

халықты жылумен жабдықтау жүйесіне қызмет көрсетуге (жылыту, ыстық сумен жабдықтау, желдету) еңбек шығынынан толық босата отырып, барынша әлеуметтік әсер ету мүмкіндігі;



төмен сұрыпты отындарды, тұрмыстық және өндірістік қалдықтарды, өнеркәсіптік кәсіпорындардың қайталама энергетикалық ресурстарын жоғары тиімді, экологиялық қанағаттанарлық жағу;

жану өнімдерін тазарту мен таратудың, эмиссияны басудың немесе зиянды шығарындылар мен ағынды суларды бейтараптандырудың ең тиімді жүйесі, оларды құру тек қуатты орталықтандырылған көздерде техникалық мүмкін және экономикалық тұрғыдан мүмкін.

Кеңес Одағында қуатты жылумен жабдықтау кешендері мен орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйелерін құру тәжірибесі көптеген шет елдерде (әсіресе соңғы онжылдықта Германияда, Финляндияда, Швецияда, Данияда және т.б.) орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйелерінің дамуына белгілі бір әсер етті. Мәскеуде 14 ЖЭО, 67 РТС және 107 шағын қазандықтардан жылыту және ыстық сумен жабдықтау жүктемесінің 96 % орталықтандырылған, ал тұтынылатын қуаттың тек 4 %-ы орталықтандырылмаған жылу көздерімен қамтамасыз етіледі. Нұр-Сұлтанда орталықтандырылған жылумен жабдықтауды қалалық тұтынушыларды жылу энергиясымен 78 % қамтамасыз ететін екі компания жүзеге асырады: бұл құрамына жиынтық жылу қуаты 2510 Гкал ЖЭО-1 және ЖЭО-2 және жиынтық жылу қуаты сағатына 34 Гкал алты қазандық, сондай-ақ ұзындығы 737 км жылу желілерін пайдалануды жүзеге асыратын «Астана-Теплотранзит» кіреді. Орталықтандырылмаған жылумен жабдықтау қалалық тұтынушыларды 22 % жылу энергиясымен қамтамасыз етеді. Бұған жалпы жылу қуаты сағатына 585 Гкал болатын 200-ге жуық қазандық пен жылыту пештері кіреді.

Алайда, саланы дамыту барған сайын жаңа міндеттер қойып, жүйелердің тиімділігіне, олардың техникалық деңгейіне және пайдалану көрсеткіштеріне қойылатын талаптар деңгейін көтерді. Қазақстанның коммуналдық энергетикасындағы даму мен қайта құрудың бұл кезеңі қоғамның қайта құрылуының соңғы онжылдықтарының күрделі жылдарынан туындаған көптеген себептерге байланысты тиісті түрде іске асқан жоқ, бұл орталықтандырылған жылумен жабдықтаудың пайдаланылатын жүйелерін техникалық жарақтандыруға және осы жүйелерге салынған қағидатты ғылыми-техникалық әзірлемелердің өткен ғасырдың 60-70 жылдарына дейінгісіне алып келді. Басқару жүйелері мен жабдықтардың қарапайымдылығына байланысты жылу энергиясын босатуды орталық сапалы реттеудің қарапайым схемаларын қолдану тұтынушыларда жылуды тұтыну және жіберу режимдерінің сәйкес келмеуіне әкеледі. Жергілікті тарату және басқару жүйелерінің жетілмегендігіне, технологиялық тұрғыдан негізделген режимдердің болуына байланысты тұтынушылардағы жылудың жоғалуы айтарлықтай мәнге ие. Жылу желілерінің үлкен ұзындығы, жабдықтардың едәуір тозуы және бұрын белгіленген факторлармен бірге пайдаланудың төмен деңгейі орталық

жылу көздерінің де, тарату желілерінің де жұмыс істеу сенімділігінің төмендеуіне әкеледі, бұл орталықтандырылған жүйелердегі авариялықтың жоғары деңгейіне және өте төмен пайдалану көрсеткіштеріне әкеледі.

Осыған байланысты орталықтандырылмаған жылумен жабдықтау позициясына қарағанда сенімдірек, оған пәтер бойынша жылыту және ыстық сумен жабдықтау жүйелері, сондай-ақ үй, соның ішінде төбесі немесе бекітілген автономды қазандығы бар көп қабатты ғимараттар кіруі керек. Орталықсыздандыруды пайдалану жылумен жабдықтау жүйесін оған қызмет көрсететін нақты объектінің жылу тұтыну жағдайларына жақсы бейімдеуге мүмкіндік береді, ал сыртқы тарату желілерінің болмауы салқындатқышты тасымалдау кезінде өндірістік емес жылу шығынын іс жүзінде жояды.

Соңғы жылдары жылу көздерінің автономды жүйелеріне деген қызығушылықтың артуы көбінесе елдегі қаржылық жағдайға және инвестициялық-несиелік саясатқа байланысты, өйткені орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйесінің құрылысы инвестордан ғимараттың көзіне, жылу желілеріне және ішкі жүйелеріне айтарлықтай бір реттік капиталды салымдарды талап етеді. Өтелу мерзімі белгісіз немесе іс жүзінде қайтарылмайтын негізде. Орталықсыздандыру кезінде жылу желілерінің болмауы есебінен күрделі салымдарды төмендетуге ғана емес, сонымен қатар шығыстарды тұрғын үй құнына (яғни тұтынушыға) аударуға да қол жеткізуге болады. Дәл осы фактор соңғы уақытта жаңа тұрғын үй құрылысы объектілері үшін орталықтандырылмаған жылумен жабдықтау жүйелеріне жоғары қызығушылықты айқындады. Автономды жылумен жабдықтауды ұйымдастыру орталықтандырылған жүйелерде бос қуаттар болмаған кезде ескі және тығыз құрылыстың қалалық аудандарындағы объектілерді қайта құруға мүмкіндік береді.

Энергия үнемдейтін автоматты басқару жүйелерін пайдалана отырып, соңғы ұрпақтың жоғары тиімді жылу генераторларына (конденсациялық қазандықтарды қоса алғанда) негізделген қазіргі заманғы деңгейде орталықсыздандыру, кәдеге жаратушылармен шағын қуатты аралас қондырғылар ең талапшыл тұтынушының сұраныстарын толық көлемде қанағаттандыруға мүмкіндік береді.

Бүгінгі таңда бірде-бір ірі электр станциясы өз есебінен жаңа энергия блогын құра алмайды (негізгі қорлардың құнын төмендетілген бағамен амортизациялық аударымдар есебінен қаражат жинау түсініксіз) немесе кең ауқымды жаңғырту жүргізе алмайды, электр энергиясының қолданыстағы тарифтері кезінде күрделі шығындардың төмен тиімділігіне байланысты сыртқы инвесторды тарту қиын.

Қалыптасқан жағдайда энергиямен жабдықтаудың тиімді орталықсыздандырылған көздерін құру және кең ауқымды іске асыру проблемасы бірінші кезекте орташа қуатты газ турбиналары базасында мынадай себептер бойынша ерекше өзектілікке ие болады:

оларды пайдалану кезінде жұмыс істеп тұрған объектілерді жаңғырту үшін неғұрлым тиімді, бәсекеге қабілетті технологиялар құрылады; мұндай қондырғыларды құрудың қысқа мерзімдері инвестициялардың қайтарылуын едәуір жұмсартуға мүмкіндік береді. Орталықсыздандырылған энергиямен жабдықтау объектілері анықтамалықтың қарау саласына кірмейді, бірақ Қазақстанда мұндай объектілер өте көп болғандықтан, олар үшін ЕҚТ жеке анықтамалығын әзірлеген жөн.

### **7.3. ЕҚТ болуы ықтимал ҒЗТҚЖ сатысындағы тәсілдер/техникалар**

Қазіргі уақытта электр энергетикасында, барлық секторларда - электр энергиясын өндіруде, беруде, бөлуде елеулі өзгерістер байқалады. Бұл өзгерістер ҒЗТҚЖ-ны қаржыландырудың ұлғаюында, демонстрациялық жобаларды жүзеге асыруда, жаңа технологиялар мен электр станциялары мен желілерін басқарудың жаңа тәсілдерін кеңінен енгізуде айқын көрінеді.

Сондықтан бұл тарауда, бірінші кезекте, нақты жобаларда іске асырылатын тәсілдер мен шешімдер сипатталған нақты технологиялар, технологиялардың әлеуеті және оларды кеңінен енгізу перспективалары қаралатын болады.

#### **7.3.1. Будың супер шектен асқан қысым параметрлері (СШАҚП)**

Бу турбиналық энергия блоктарының энергетикалық тиімділігін одан әрі арттыру үшін, ең алдымен, жаңа бу параметрлерін арттыру қажет, ол перлит сыныбындағы болат құбырлардың (қазандықтың қыздыру беттері мен негізгі бу құбырлары үшін) және турбиналық роторлардың металлдарының (ең алдымен, ЖҚЦ және ОҚЦ роторлары) ұзақ уақыт ыстыққа төзімділігімен шектеледі.

Қазіргі уақытта әлемде СШАҚП-мен жұмыс істейтін (бу қысымы 24- 30 МПа, температура 580-650 аС) бірнеше ондаған энергия блоктары бар, олар негізінен АҚШ, Германия, Дания, Жапонияда салынған, онда қымбат аустениттік болаттардан жасалған құрылымдық элементтер қолданылады. Бұл блоктардың, сондай-ақ Ресейдегі Кашир МАЭС-тегі блоктың жұмысын талдау, онда 29,4 МПа, 650 аС буының бастапқы параметрлеріне көшу әрекеті жасалды, олар отынның тиімділігі жоғары болған кезде сенімділік пен беріктіктің төменгі параметрлеріндегі блоктардан біршама төмен екенін көрсетті.

СШАҚП шетелдік жылу схемаларына шолу көрсеткендей, барлық энергия блоктарында бастапқы бу температурасы және/немесе аралық қызып кету температурасы жоғарылайды. Жаңа буын энергия блоктары үшін іс жүзінде Еуропада 580 аС және Жапонияда 600 аС температура «стандартты» болды. Жаңа буындағы энергия блоктарының басым көпшілігі 400-1000 МВт диапазонында бір қуатта 24-29 МПа бастапқы қысымға орындалды. Жоғары қосындыланған болаттар металлургиясындағы прогресс сенімділік пен беріктіктің жеткілікті деңгейін сақтай

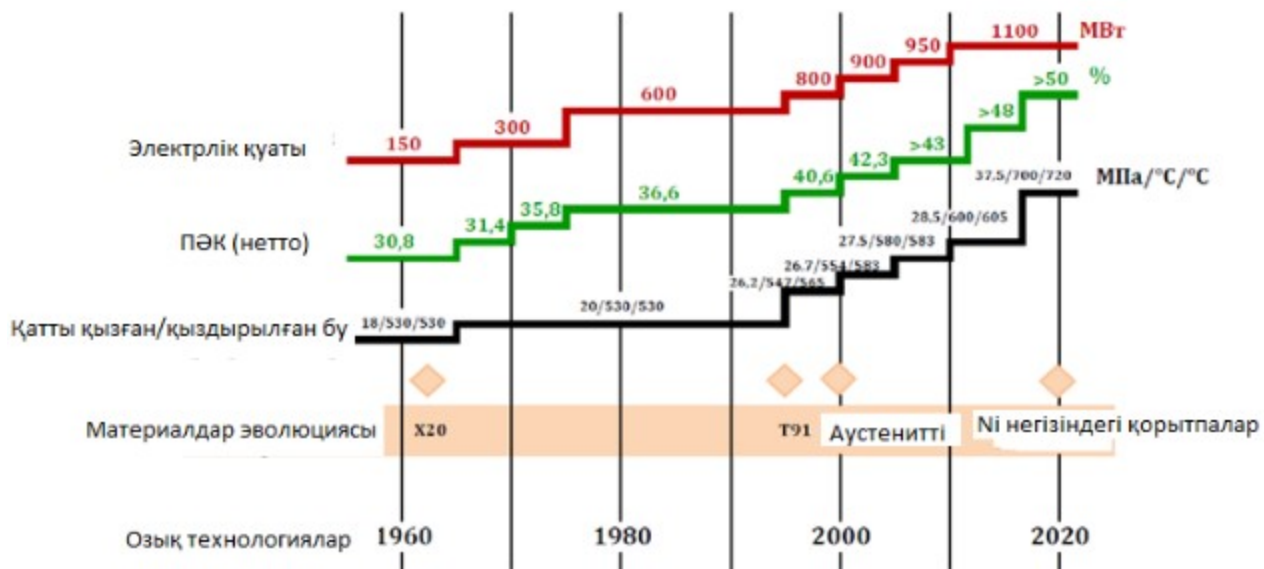
отырып, өткір бу мен аралық қызып кету буының температурасын 600 нС дейін және одан да жоғары көтеруге мүмкіндік берді.

7.1-кестеде параметрлері бойынша қуаты 660 МВт энергия блогының негізгі жобалық техникалық көрсеткіштері берілген: температура 580/580 аС, қысым 28 МПа.

7.1-кесте. Жобаланған 660 МВт энергия блогының негізгі көрсеткіштері

Р/с №	Параметр	Шамасы/ Өлшемділік
1	2	3
1	Номиналды қуаты	660 МВт
2	Қыздырылған будың қысымы	28 МПа
3	Қызып кеткен бу температурасы/өнеркәсіптік қызып кеткен бу температурасы	600/600 С
4	Жабдықтың құрамын өзгертпей реттеу диапазоны	100-60 %
5	Нетто ПӘК	44,5-45,4 %
6	Өз мұқтаждарына электр энергиясының шығыны	6 %
7	Электр энергиясын босатуға арналған отынның үлестік шығыны	276 ж. е. т/кВт* сағ
8	Толық қолданылу мерзімі	40 жылдан кем емес
9	Жабдықтың есептік ресурсы	200 мың сағаттан кем емес
10	Түтін газдарындағы NOx концентрациясы	200 мг/м <sup>3</sup>
11	Түтін газдарындағы SOx концентрациясы	200 мг/м <sup>3</sup>
12	Түтін газдарындағы ұшпа күлдің концентрациясы	30 мг/м <sup>3</sup>

Пайдалы әсер коэффициентіне 50 %-дан астам жедел будың қысымы мен температурасы тиісінше 32-33 МПа және 630-650 еС және өнеркәсіптік қызып кету буының температурасы 650-680 ыС болған кезде қол жеткізуге болады. Еуропалық электр энергиясын өндірушілер мен машина жасаушылардың үлкен тобы жобасының деректері бойынша 700 аС дейін қызуы бар жетілдірілген Энергия блогының және тозақ-көмір қазандығының пайдалы әсер коэффициенті 52-55 %-ды құрайды. 7.1-суретте Жапонияда ЖЭС будың бастапқы параметрлерін арттыру тренді көрсетілген.



7.1-сурет. Жапонияда ЖЭС будың бастапқы параметрлерін арттыру тренді СШАҚП блоктарын құру тек қатты отынмен ғана орынды, өйткені қазіргі уақытта Қазақстанда мазутты жағу оның қымбаттығына байланысты шектелген, ал табиғи газды жағудың тиімділігі басқа, неғұрлым арзан әдістермен, мысалы, бу-газ қондырғысының (БГҚ) схемасын қолдана отырып, артуы мүмкін.

Қосындыланған қоспалардың, әсіресе никельдің көп бөлігі аустениттік болаттарды өте қымбат етеді. Феррит класының болаттарымен салыстырғанда аустенит құны бірнеше ондаған есе көп. Дәл осы жағдай ССКП мен будың УСКП-дағы энергия блоктарын өте қымбат генерациялау объектілеріне айналдырады.

### 7.3.2. Қатты отынды газдандыру

Қазақстанда қолданылмайтын қатты отынмен жұмыс істейтін ЖЭС үшін перспективалы технологияларға жанғыш газдарды алу мақсатында құрамында тотықтырғыш (әдетте оттегі) бар газ немесе бу - газ тәрізді реагенттермен отынның өзара әрекеттесуінің термохимиялық процесі болып табылатын отынды газдандыруды жатқызуға болады. Бұл процесс жанармайдың жануына жақын, бірақ газдандыру кезінде отынның ішінара тотығуы оттегінің жетіспеушілігімен жүреді. Бұл жағдайда отынның барлық органикалық массасы газға айналады, ал минералды зат 900-1000 тС температурада кейбір өзгерістерге ұшырайды және қатты немесе сұйық күйде қалады (кож балқымасы түрінде) [29].

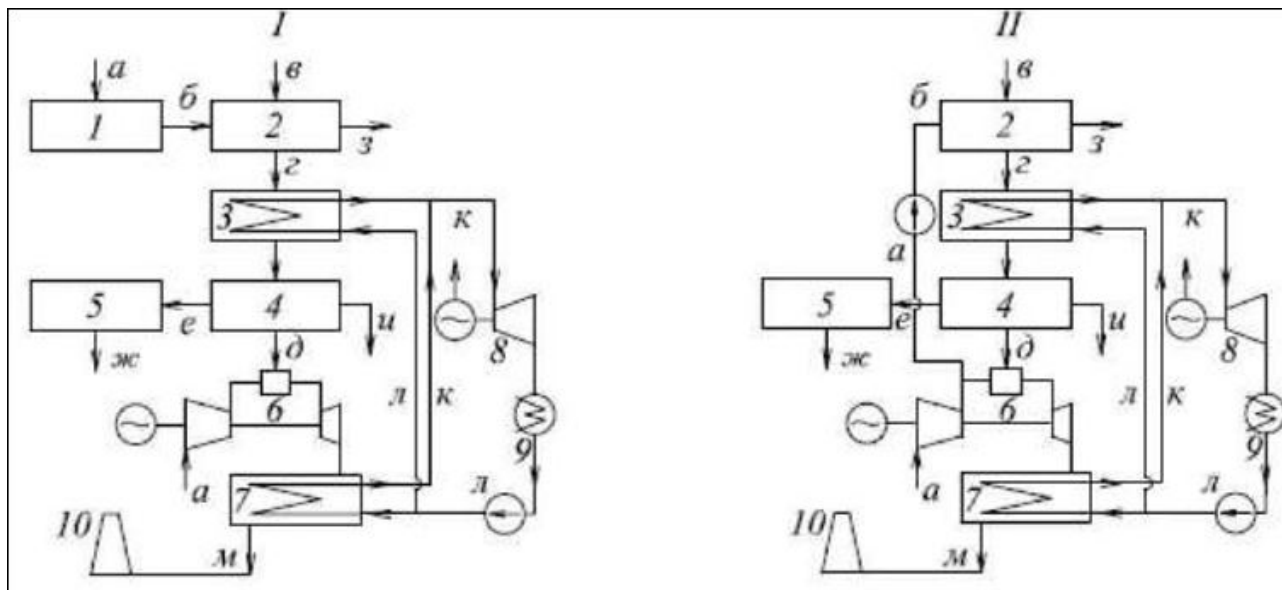
Қатты отынды газдандыру: газды - жағу кезінде көміртек оксидтері шығарындыларының төмендеуін қамтамасыз ететін неғұрлым экологиялық таза энергетикалық отын алуға; оның жылу схемасына тазартылған генераторлық газбен

жұмыс істейтін бу-газ қондырғыларын қосу арқылы ЖЭС-тің энергетикалық тиімділігін едәуір (50 % және одан жоғары) арттыруға; ЖЭС-те төмен сұрыпты отынды пайдалануға мүмкіндік береді.

Қатты отынды газдандыру кезінде күл іс жүзінде қазандыққа кірмейді, ал оның жұмысының сенімділігі артады. Сонымен қатар, алынған күлдің тұтқыр қасиеттері оны құрылыста қолдануға мүмкіндік береді. Қайнаған қабаттағы отынды газдандыру кезінде шаңды дайындаудың қажеті жоқ, бұл отынды дайындауды жеңілдетеді және тек генераторлық газды тазартуды ұйымдастыруға мүмкіндік береді, оның көлемі түтін газының көлемінен аз. Демек, отынды газдандыру экологиялық және экономикалық артықшылықтарды алуға мүмкіндік береді.

Ірі ЖЭС үшін отынды газдандыру қысыммен жүзеге асырылуы мүмкін, бұл процестің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға және қуатты бу-газ қондырғыларын пайдалануға мүмкіндік береді, оларда газдануға бағытталған ауаны сығымдайтын ауа компрессорларын іске қосатын кеңейтілген газ турбиналары қосылады [29]. ЖЭС-те отынды газдандыру процестерін ұйымдастыру үшін өнімділігі бойынша ірі энергия блоктарына сәйкес келетін газдандырғыштар қажет. Қазіргі уақытта 3 МПа дейінгі қысыммен қайнаған айналым қабаты бар газификаторлар ең перспективалы болып табылады. Мұндай газдандырғыштар түрлі елдердегі (АҚШ, Еуропа елдері, Қытай, Ресей) электр станцияларында сынақтан өтуде.

БТИ-де көмір электр станцияларында орнатуға арналған тау типті газдандырғыш әзірленді және сынақтан өтті. Газдандыру жанғыш газдардың ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) қоспасын қалыптастыру үшін көмір құрамындағы көміртегі мен су буын жоғары температурада химиялық түрлендіру арқылы жүзеге асырылады. Реакцияларға қажетті жылу көмірдің бір бөлігін жағу арқылы шығарылады. Көмір құрамындағы күкірт сутегі сульфидіне өтеді, ол өндірістік және экономикалық тиімді процестерді қолдана отырып, генераторлық газдан шығарылады. Газдандыру нәтижесінде көмірден таза жанғыш газ және жылу алынады, оны жұмысқа айналдыруға болады [29]. Көмірді газдандырумен БГҚ негізгі схемалары 7.2 суретте көрсетілген.



I - оттекті үрлеу; II - ауа үрлеу; схеманың негізгі элементтері: 1 - оттегі станциясы; 2 - газдандыру; 3 - Шикі газды салқындату; 4 - газды тазарту; 5 - күкірт бөлу; 6 - ГТУ; 7 - қазандық-кәдеге жаратушы; 8 - бу - газ турбинасы; 9 - конденсатор; 10 - түтін құбыры; 11 - ауа қысымын арттыратын супер зарядтағыш; материалдық ағындар: А - ауа; б - оттегі; в - көмір; г - шикі газ; д - тазартылған газ; Е - сорбент; ж - сорбент; з - күл; и - шаң; к - бу; л - су; м-шығатын газдар

#### 7.2-сурет - БГҚ негізгі схемалары

Оттегі немесе сығылған ауа мен бу реакторға (газ генераторы, газификатор) беріледі, оған алдын-ала дайындалған көмір де кіреді. Газдандырғышта негізінен  $CO$  және  $H_2$ , сондай-ақ (технологияға байланысты)  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  және шлюз арқылы шығарылатын күл бар жанғыш (генераторлық, синтетикалық) газ түзе отырып, көмірдің ішінара тотығуы жүзеге асырылады. Генераторлық газ күл қалдықтарынан және күкірт қосылыстарынан тазартылады, содан кейін ГТҚ жану камерасында жағылады. ГТҚ-да пайдаланылған газдардың жылуы, сондай-ақ генераторлық газды газдандыру және салқындату процестерінде бөлінетін жылу бу турбинасына және газдандыруға кіретін буды өндіру және қызып кету үшін қолданылады.

ГТҚ жану камерасында жағылатын таза генераторлық газ газ турбинасының ағынды бөлігінің жұмысы үшін қолайлы жағдай жасайды: атмосфераға күкірт оксидтерінің шығарындылары іс жүзінде жоқ.

Көмірді газдандырудың неғұрлым пысықталған технологиялары: үйінді қабатта, қайнаған қабатта (ҚҚ), ағында газдандыру болып табылады. Генераторлық газды салқындату және тазарту жүйелерінің құны ЖЭС жалпы құнының 15-20 % құрайды. Жасалған бағалаулар бойынша газдарды дымқыл тазалауды қолдану БГҚ ПӘК-ін 1 %-ға төмендетеді. Салқындатылған газды қайта өңдеу арқылы генераторлық газды 1400-ден 800 нС-ға дейін салқындату БГҚ тиімділігінің шамамен 1 %-ға төмендеуіне әкеледі. ҚҚ бар газдандырғыштарда қабатқа сорбент қосып, газдандыру процесінде 90 %-дан

астам күкірт көмірін байланыстыруға, сондай-ақ 540-600 КС температурада бір құрылғыдағы шаң бөлшектері мен сілтілі металл қосылыстарын ұстауға болады.

### 7.3.3. Айналымды қайнаған қабаты бар (АҚҚ) қазандықтарда отынды жағу

Қайнау қабаты (ҚҚ) және АҚҚ технологиялары бірдей қағидатқа негізделген. Ауа жану камерасының түбінен үрленеді, онда күл, отын және әктас пайда болған қабат оорналастырылады, ол осы ауамен жанады. Жасанды сұйылту турбулентті араластыруды тудырады, отынның жану тиімділігін арттырады және қосымша енгізілген әктастың отын күкіртінің тотығуы кезінде пайда болған күкірт диоксидімен байланысын жақсартады [24].

ҚҚ технологиясында ауаның және жану камерасында пайда болатын түтін газдарының жылдамдығы төмен (2 м/с-тан аз) және қабат шекарасы көзбен шолып бақылануы мүмкін. Турбуленттілік жоғары реактивті отынды, бірақ сол көмірді қанағаттанарлық жағу үшін жеткілікті. АҚҚ-да жылдамдық шамамен 5 м/с құрайды және қабат материалы жану камерасының жоғарғы бөлігіне шығарылады. Бұл материалды пешке қайтару үшін сепаратор орнатылып, қабаттан шығарылған материал жану камерасының төменгі бөлігіне қайтарылады. Осылайша қатты бөлшектердің айналым тізбегі пайда болады, ол технологияның атын берді.

АҚҚ бар қазандықтар отынның жоғары жану дәрежесімен ерекшеленеді (стационарлы қайнау қабаты бар қазандықтардағы 90,95 %-бен салыстырғанда шамамен 99 %), олар артық ауаның аз коэффициентімен жұмыс істей алады (1,20-1,25 орнына 1,10-1,15). АҚҚ қазандықтарында отын беру жүйелері қарапайым, қазандықтар отын сапасына, ұсақтауға аз талап етеді және азот оксидтерінің шығарындыларын азайту үшін қажет сатылы күйдіруге жақсы бейімделген. Мұндай оттықтар күкірттің 90 %-дан астамын байланыстыруға мүмкіндік береді, ал стационарлы КС бар оттықтарға 80-90 % күкірт оксидтерін байланыстыру үшін көбірек әктас беру қажет [25].

Қазіргі уақытта шетелде АҚҚ бар қазандықтарды жобалау мен пайдалануда бай тәжірибе жинақталған. Құрылымдық шешімдер едәуір жетілдірілді, металл сыйымдылығы төмендетілді, үнемділік, сенімділік артты және реттеу диапазоны ұлғайтылды. Барлық жағдайларда NOx шығарындыларын 300 мг/м<sup>3</sup> артық емес, күкіртті байланыстыру ПӘК 90 % кем емес және механикалық және химиялық күйікпен жоғалтуды 4 % кем емес қамтамасыз ету мүмкін болды.

Қазандықтардың техникалық көрсеткіштерін АҚҚ-мен және 225 және 330 МВт көмір-тозаң блоктарымен салыстыру жөніндегі деректерге сүйене отырып, көп жағдайда күрделі шығындар жөніндегі деректер көміртозаң блоктары үшін сұр-және азотты тазартуды қолдануды ескере отырып, әбден салыстырылуы тиіс. Өзге де



жағдайлар тең болған кезде, АҚҚ бар қазандықтар азоттан және күкірттен тазарту құралдарымен жарақталған көміртозаңмен салыстырғанда 3-5 %-ға аз қосымша пайдалану шығыстарына ие болады.

#### 7.3.4. Оттегі ортасында жағу

CO<sub>2</sub> шығарындыларын азайту үшін оттегі ортасында жану жүйелерін қолдануға болады. Олар салыстырмалы түрде таза O<sub>2</sub> бар көмірдің жануымен сипатталады, қайта өңдеудің түтін газдарымен сұйылтылған. Мұндай жағдайларда жанудың негізгі өнімдері су буы (H<sub>2</sub> O) және CO<sub>2</sub> болып табылады. Таза оттегінің көмегімен жану қазандықтың оттығында жалынның өте жоғары температурасын тудырады, температураны төмендету үшін O<sub>2</sub> рециркуляцияның түтін газдарымен сұйылтылады. Қайта өңдеу газдарын қазандыққа отын беру үшін де қолдануға болады. Оттегі ортасында отын жағылған кезде, түтін газы ауамен жағылғанға қарағанда шамамен 75 % аз түзіледі, ал пайдаланылған газ, ең алдымен, CO<sub>2</sub> және H<sub>2</sub> O-дан тұрады. H<sub>2</sub>O конденсацияланғаннан кейін жоғары концентрацияланған CO<sub>2</sub> тазартылады және тасымалдау құралдарына байланысты сұйық немесе аса критикалық күйге дейін қысылады.

N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> және аргон сияқты басқа да маңызды емес газ компоненттерін алып тастау үшін CO<sub>2</sub> ағынын шығару үшін құбыр арқылы сақтау және тасымалдау талаптарына сәйкес келеді, CO<sub>2</sub> жоғары концентрациясы бар түтін газын тазартудың қосымша кезеңі қажет болуы мүмкін. CO<sub>2</sub> жоғары концентрациясына және газ көлемінің қысқаруына байланысты бұл тазарту кезеңінің құны салыстырмалы түрде жоғары емес.

Оттегі ортасында жану процесі ауаны жағудың дәстүрлі тәсілінен ерекшеленбейді және қазандықтың дизайнында қосымша өзгерістерді қажет етпейді. Негізгі қосымша компоненттер-ауа шығаратын қондырғы, түтін газының конденсаторы және CO<sub>2</sub> тазарту және қысу жүйелері. Қазандықтың қосымша дизайн ерекшеліктері ретінде түтін газын қайта өңдеу және оттегін араластыру жүйелері бар. Әр түрлі компоненттер үшін таңдалған материалдар оттегі ортасында жану жағдайларына сәйкес келуі керек. Ауаны бөлу және CO<sub>2</sub> қысу жүйелері үшін энергия қондырғысы шығаратын қосымша энергия қажет, бұл таза тиімділіктің төмендеуіне әкеледі.

O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> атмосферасындағы отынның қазандықтың дизайнына әсері тотықтырғыштағы оттегінің таңдалған концентрациясына байланысты: егер O<sub>2</sub>

мөлшері массасы бойынша шамамен 23-28 % болса, ауа үрлейтін қазандықтың құрылысын сол сияқты қабылдауға болады, ал егер  $O_2$  мөлшері жоғары болса, пештің өлшемдері аз болуы мүмкін.

Ауадан  $N_2$  шығарылуына байланысты, оттегі ортасында жану кезінде жану өнімдерінің көлемі ауа берілісімен жанумен салыстырғанда шамамен 75 %-ға аз. Төменгі газ көлемі, сондай-ақ түтін газынан ластағыштарды ( $SO_x$ ,  $NO_x$  және т.б.) оңай жоюға қол жеткізуге және процестің құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Ауадан  $N_2$  шығару арқылы қазандықтан  $NO_x$  өндірісі де айтарлықтай төмендейді.

Бірінші буынды оттегі ортасында жану технологиясының конфигурациясы  $O_2$  бөлу үшін криогендік процесті, атмосфералық қысым кезінде отынды жағуды, газды тазартудың әдеттегі әдістерін және  $CO_2$  айдау үшін механикалық қысуды қолдануға мүмкіндік береді. Мұндай қондырғылар күшті өзгерістерсіз қолданыстағы энергия қондырғыларын жаңғырту мақсатында пайдаланылуы мүмкін, бірақ қосымша компоненттерді орналастыру үшін айтарлықтай қосымша кеңістіктің болуын талап етеді.

Жетілдірілген технологияларда ауаның криогендік бөлінуін алмастыруға болады, мысалы, химиялық циклдарды ұйымдастыру процесі, онда оттегіні ауадан отынға ауыстыру тотықтырғыш көмегімен жүзеге асырылады. Алайда, мұндай технологиялар дамудың алғашқы кезеңдерінде. Екінші буын оттегі ортасында жану оттегінің жоғары концентрациясында қолданылуы мүмкін, бұл тапсырманы қиындатады, бірақ сонымен бірге қондырғының жалпы тиімділігін арттырады және қазандықтың мөлшерін азайтады.

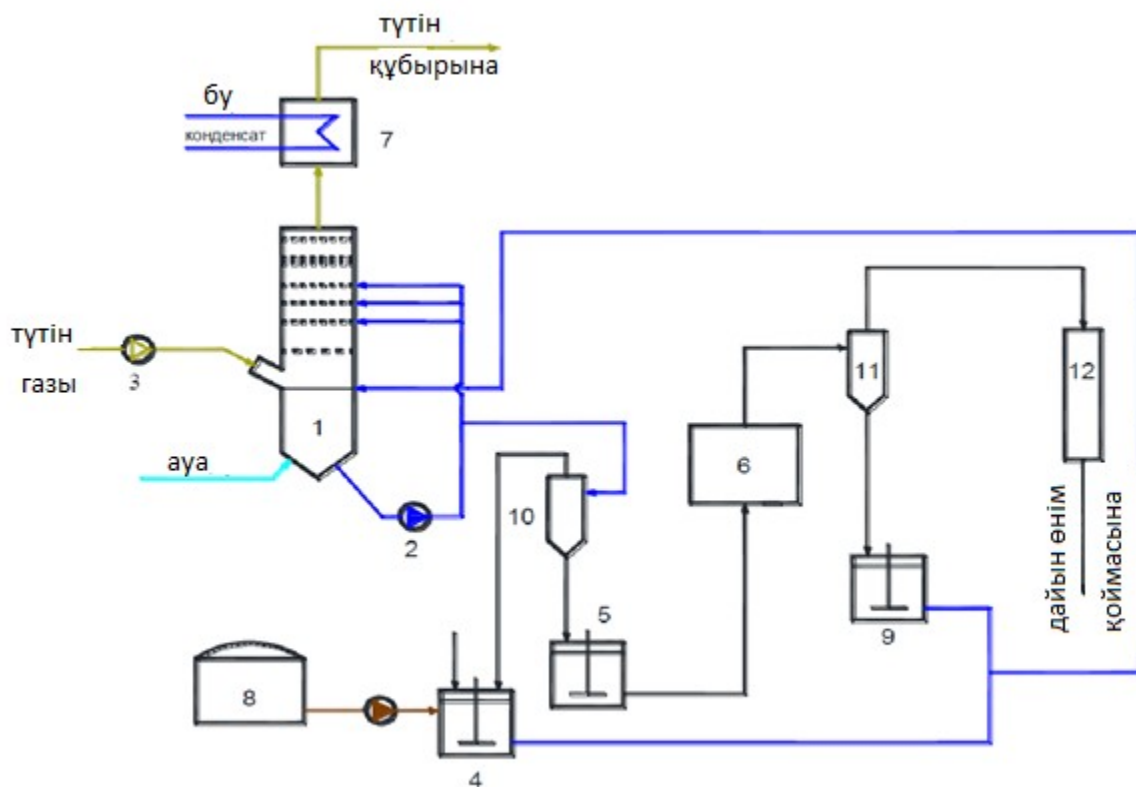
Оттегі ортасында жану процесін жүзеге асыру үшін қажетті газ тазарту жүйелері қарапайым бу қазандықтары үшін қолданылатын жүйелерден ерекшеленбейді, яғни күлді жинау жүйесі, қажет болған жағдайда  $DeNO_x$  жүйесі және  $DeSO_x$  жүйесі кіреді. Күлді кетіру жүйесі электростатикалық шөгінділерді немесе қапшық шаң жинағыштарын қамтуы мүмкін,  $DeSO_x$  үшін дымқыл және құрғақ тазалау жүйелері қарастырылуы мүмкін. Түтін газының конденсаторы су буын кетіру және газ дайындау блогының талаптарына сәйкес келетін  $CO_2$  қаныққан ағынын алу үшін газдан тазартылғаннан кейін орналасқан. Бұл жабдық оттегі ортасында жану тізбегінде жұмыс істеуге арналған және көбінесе қазбалы отынмен жұмыс істейтін электр станцияларында жоқ.

Бүгінгі таңда әлемде бірнеше эксперименттік энергия қондырғылары жұмыс істейді : 15 МВт оттегі-отын көмір қазандығы, Windsor, КоннектиКҚТ (АҚШ), 30 МВт оттегі-отын көмір қазандығы, Schwarze Pumpe (Германия), 30 МВт газбен жұмыс істейтін оттегі-отын қазандығы, Lacq (Франция), 30 МВт оттегі ортасында жану үшін

айналмалы қайнаған қабаты бар көмірмен жұмыс істейтін қазандық, CIUDEN (Испания ).

### 7.3.5. Аммиакты-сульфатты күкірттен тазарту қондырғысы

Дорогобуга ЖЭО-да салынған және 1995 жылдан 2003 жылға дейін жұмыс істеген күкірттен тазарту қондырғылары ЖЭО-ны газды жағуға ауыстырғанға дейін газ тазарту саласындағы жоғары тиімді әзірлемелерді қолданудың мысалы болып табылады. [32, 33, 34]. Құрамында күкірт мөлшері 0,045 % кг/МДж жоғары көмірді жағу кезінде түтін газдарын тазарту тиімділігі 98 % құрады. Аммиак-сульфатты күкірттен тазарту өнімі-бағалы азот тыңайтқышы болып табылатын аммоний сульфаты Дорогобуж ЖЭО-да сәтті сатылып, станцияға қосымша табыс әкелді. Сонымен қатар, аммиак-сульфат технологиясы азот оксидтерінің шығарындыларын 25-35 %-ға және жұқа ұшатын күл шығарындыларын азайтуға мүмкіндік береді. 7.3-суретте түтін газын аммиак-сульфатты күкірттен тазарту қондырғысының негізгі схемасының нұсқаларының бірі көрсетілген.



1-абсорбер; 2 - айналым сорғысы; 3-айдағыш; 4 - сыйымдылығы бейтараптандырғыш; 5-қысым сыйымдылығы; 6-буландыру аппараты; 7-түтін газын жылытқыш; 8-аммиак қоймасы; 9-жатыр ерітіндісіне арналған сыйымдылық; 10-гидроциклон; 11-центрифуга; 12-кепіру барабаны

7.3-сурет - Аммиакты-сульфатты күкірттен тазарту қондырғысының негізгі технологиялық схемасы

Өзінің мақсаты бойынша аммиакты-сульфатты күкірттен тазарту қондырғысының жабдығы [25] 2 негізгі технологиялық торапқа бөлінген: түтін газын тазарту торабы; аммоний сульфатын дайындау торабы.

Айдағышпен тазартылмаған түтін газы (3) сульфит-бисульфит-аммоний сульфатының ерітіндісімен суарылатын күкірттен тазарту абсорберіне (1) жіберіледі, онда күкірт диоксиді газдан алынады және азот оксидтері ішінара ұсталады (25-35 %). Содан кейін тазартылған түтін газы қыздырылып, атмосфераға түтін құбыры арқылы шығарылады. Аммоний сульфатын түзе отырып, реакцияланбаған аммоний сульфитін тотықтыру үшін ауа берілетін абсорбердің төменгі бөлігінен сульфит-бисульфит - аммоний сульфатының жұмыс сіңіргіш ерітіндісі циркуляциялық сорғының көмегімен абсорберді суарудың үш деңгейіне беріледі (2). Ерітіндінің бір бөлігі гидроциклонға (10) шығарылады, онда аммоний сульфаты кристалдары бар ерітінді аммоний сульфит-бисульфитінің тазартылған ерітіндісінен бөлінеді және қысым контейнері арқылы (5) буландырғышқа (6) беріледі, онда аммоний сульфаты кристалдарының өсуі жүреді, ал сол жерден Центрифугаға (11), онда аммоний сульфаты кристалдары жатыр ерітіндісінен бөлініп, кептіру барабанына түседі (12), оның шығысында дайын өнім алынады - аммоний кристалды сульфаты.

Мұндай күкірттен тазартудың барлық технологиялық жабдығын Қазақстанда шетелде қымбат тұратын тораптарды сатып алмай дайындауға болады. Энергетикалық қазандықтарда аммиакты-сульфатты күкірттен тазарту технологиясын қолдану бойынша әзірленген технологиялық шешімдер патенттермен қорғалған.

Технологияның негізгі мақсаты - шығатын түтін газдарындағы күкірт диоксидінің концентрациясын 200 мг/Нм<sup>3</sup> дейін және одан төмен төмендету (7.2-кесте). Сонымен қатар, бұл технология күкірт оксидтерімен қатар азот оксидтері мен ұшатын күлдің жұқа бөлшектерін шығаруды 25-35 % төмендетуге мүмкіндік береді. Сондықтан осы технологияны қолдану тиісті энергетикалық қондырғыны экологиялық таза етеді. Күкірттен тазартудың жанама өнімі - аммоний сульфаты-микроэлементтермен байытылған тиімді тыңайтқыш. Аммоний сульфатын сату қысқа уақыт ішінде күкірттен тазартуға, әсіресе 0,045 % кг/МДж жоғары күкірт бар көмірді жағу үшін күрделі салымдарды өтеуге мүмкіндік береді.

#### 7.2-кесте. Аммиакты-сульфатты күкірттен тазартудың негізгі көрсеткіштері

Р/с №	Технологияның негізгі көрсеткіштері.	Аммиакты-сульфатты күкірттен тазарту
1	2	3
1	Қол жеткізуге болатын күкірттен тазарту дәрежесі, %	99,5 және одан жоғары
2	Қол жеткізуге болатын соңғы концентрациясы S O <sub>2</sub> , мг/нМ <sup>3</sup>	100 және одан кем
3	Өз мұқтаждарына энергия шығынын ұлғайту, %	1,4-1,5
4	Күкірттен тазартудан алынған өнімінің сапасы	Тыңайтқыш-аммоний сульфаты, МЕМСТ 9097-82
5	Меншікті капитал салымдары, \$ / кВт	35-65

### 7.3.6. Екібастұз көмірін жағатын көміртозанды қазандықтарға арналған аралас күлтұтқыш

Екібастұз көмірі үшін бүгінгі күні күлдің электрофизикалық қасиеттері қолайсыз көмір мен көмірдің жану өнімдерін қатты бөлшектерден  $50 \text{ мг/м}^3$  перспективалық талаптар деңгейіне дейін тазартуға мүмкіндік беретін қуатты энергия блоктары үшін күлтұтқыш қондырғы бойынша техникалық шешімдер жоқ. Мөлшері  $10 \text{ мкм}$ -ден аз ең зиянды ұсақ бөлшектерді ұстау әсіресе қиын.

Қазіргі заманғы күлтұтқыштарға мынадай негізгі талаптар қойылады: газдардың үлкен көлемін тазарту мүмкіндігі; ықшамдылық; қалыпты гидравликалық кедергі; осы газдардың көлемдік шығысының, құрамының және параметрлерінің өзгеруі кезінде қазандық қондырғысынан кейін түтін газдарын тазартудың жоғары тиімділігін қамтамасыз ету.

Осы талаптарды орындау үшін электростатикалық тұндыру әдісімен кейіннен сүзгілеу арқылы екі сатылы құрғақ аралас тазалау технологиясы перспективалы және коммерциялық мақсатқа сай болып табылады [35, 36]. Ол қуатты көмір энергоблоктарының түтін газдарын ұшпа күлден (субмикрон өлшеміндегі бөлшектерді қоса алғанда)  $30 \text{ мг/нМ}^3$  деңгейінде қалдық шандануға дейін тазартуды қамтамасыз етіп қана қоймай, ауыр металдардың, ең алдымен сынаптың қосылыстарын ұстап қалуға мүмкіндік береді.

Аппарат үш сатыдан тұрады. Бірінші кезеңде электр сүзгісі қолданылады, ол күл бөлшектерін зарядтауға және алдын-ала тазартуға қызмет етеді. Екінші кезең - аралық, сынап пен басқа да ауыр металдарды алу үшін қажет. Үшінші кезең - түтін газын түпкілікті тазарту үшін қапшық сүзгісі.

Электростатикалық тұндырғыштармен салыстырғанда, аралас тазартқыш құрылғылар жұқа бөлшектердің шығарылуын едәуір төмендетеді, бөлшектердің өтуін және қайталама шығаруды болдырмайды, жоғары электрлік кедергісі бар күлді тиімді ұстайды және жалпы өлшемдері аз.

Олардың бас үлгілерін өңдеу үшін ресейлік ЖЭС-те орнатқан жөн.

Технологияның негізіне осы аппараттардың артықшылықтарын біріктіру мақсатында екі түрлі күлтұтқыштарды (электр сүзгісі және қапшық сүзгісін) бір құрылғыға біріктіру идеясы салынған. Бұл комбинация екі сатыда тазарту процестерін күшейтуге және жабдықтың өлшемдерін азайтуға мүмкіндік береді. Бұл әсер газдардың жылдамдығын және сәйкесінше соңғы тазарту сатысындағы сүзу жылдамдығын арттыру арқылы қол жеткізіледі, бұл алдын-ала тазарту сатысында бөлшектерді зарядтау арқылы сүзгі материалында борпылдақ қабаттың пайда болуына байланысты.

Аралас тазартқышы бар аппараттар (электр сүзгілермен салыстырғанда) жұқа бөлшектердің шығарындыларын айтарлықтай азайтады, бөлшектердің өтуін және қайталама шығаруды болдырмайды, жоғары СЭС күлді тиімді ұстайды және жалпы өлшемдері аз болады.  $0,01\text{-}50 \text{ мкм}$  өлшемді бөлшектерді ұстау тиімділігі  $99,99 \%$

кұрайды. Түтін газдарын ұшпа күлден 30 мг/нМ<sup>3</sup> қалдық тозаңдануға дейін аралас тазартуы бар аппараттың құны осындай тазалау дәрежесі бар электр сүзгілерінің құнынан шамамен 30 %-ға төмен болады.

Электростатикалық тұндыру әдісімен құрғақ аралас тазарту технологиясын одан әрі сүзгілеу әлемдік деңгейдегі сипаттамалары бар заманауи тиімділігі жоғары күлтұтқышты жасауға мүмкіндік береді (7.3-кесте).

Қатты бөлшектерден түтін газдарын алдын ала зарядтау арқылы сүзу әдісімен стонекроптау технологиясы талап етілетін көлемдегі электр сүзгілерін орналастыру үшін қажетті алаңның болмауына байланысты, сондай-ақ күлдің қолайсыз электрофизикалық қасиеттері 7 және одан да көп электр алаңдарынан электр сүзгілерін орнатуға мәжбүр болған жағдайда қолданыстағы қазақстандық ЖЭС-ті қайта құру кезінде ерекше талап етіледі.

### 7.3-кесте. Аралас күлтұтқыштың сипаттамалары

Р/с №	Көрсеткіштер	Аралас күлтұтқыш	Электр сүзгісі
1	2	3	4
1	Түтін газының үлкен көлемін тазарту	иә	иә
2	Максималды кіріс шаңы, г / м <sup>3</sup>	100-ге дейін	60-қа дейін
3	Шығу шаңы, мг / м <sup>3</sup>	20	100
4	Тазарту дәрежесі, %	99,95	99,8
5	Күлді МЭж тазарту деңгейіне тәуелділігі	жоқ	иә
6	Электр сүзгісіне қатысты жалпы өлшемдер	0,7	1
7	Электр сүзгісіне қатысты капитал шығындары	0,7	1
8	Субмикрон бөлшектерін тиімді тұтып алу	иә	жоқ
9	Сынап және басқа да ауыр металдардың қосылыстарын тұтып алу мүмкіндігі	иә (90 % дейін)	жоқ

#### 7.3.7. Шығыршықты оттығы бар қазандық

Ново-Иркутск ЖЭО-да шығыршықты оттығы бар Е-820 қазандығының табысты жұмысының және қоңыр және тас көмірде 330 МВт блоктарға арналған қазандықтардың бейінін пысықтаудың ұзақ тәжірибесі, жаңа станцияларды салу үшін де, пайдаланылған ірі энергия блоктарын бас корпусының қолданыстағы ұяшықтарына орнату арқылы ауыстыру үшін де шығыршықты оттықтары бар қазандықтарды тиімді пайдалану мүмкіндігін растайды. Бұл ретте жаңа блок буының қуаты мен параметрлерін сақтауға немесе айтарлықтай арттыруға болады [42, 43, 44].

Шығыршықты пеште алаудың ішкі және сыртқы экрандарына белсенді жанасуы жоқ. Бұл ретте салқындалмаған бөлшектердің суық құйғышқа көрінетін сепарациясынсыз отынның тұрақты тұтануы қамтамасыз етіледі.

Подольск машина жасау зауытымен (ЗиО) бірлесіп жасалған шығыршықты оттығы бар қуатты қазандықтардың бейінін пысықтау оларды зауытта дайындау негізгі конструкторлық және технологиялық қиындықтар туғызбайтындығын көрсетеді. Ірі энергоблоктардың қазандықтарын жасау кезінде шығыршықты оттықтарды қолдану қазандықтардың биіктігін 30-40 %-ға азайтуға; олардың металл сыйымдылығын және құнын 10 % -ға дейін төмендетуге; қож тас және қоңыр көмірді қожсыз және жоғары үнемді жағуды қамтамасыз етуге; жағудың технологиялық әдістері есебінен  $\text{NO}_x$  шығарындыларын 30 % -ға дейін азайтуға мүмкіндік береді.

Шығыршықты оттығы бар Е-820 қазандығы Ново-Иркутск ЖЭО-да 20 жылдан астам уақыт бойы орнатылды және сәтті жұмыс істейді. Қож жағатын қоңыр көмірді жағу кезінде шығыршықты оттығы бар Е-820 қазандығын пайдаланудың жиырма жылдық тәжірибесі және бірнеше рет сынау қазандықтың жоғары тиімділігін, сенімділігі мен экологиялық тазалығын, қазандықтың ПӘК 93- 93,8 % растайды. Алаудың өзегі мен пештің жоғарғы жағындағы төмен температура деңгейі, бұл пештің және экранның қыздыру беттерінің іс жүзінде жабылмаған жұмыс режимін қамтамасыз етеді.

350-400 мг/Нм<sup>3</sup> деңгейінде қол жеткізілген  $\text{NO}_x$  шығарындылары технологиялық әдістермен қосымша төмендетілуі мүмкін. шығыршықты оттықтағы экрандардың жылу қабылдауы әдеттегі оттықтарға қарағанда 15-20 % жоғары. Қазандық стационарлық және өтпелі режимдерде оңай басқарылады.

### **7.3.8. Күрделі циклді газ турбиналарын қолдану**

Газ турбины шығаратын энергияның едәуір бөлігі осьтік компрессорды қозғалысқа келтіру үшін қажет. Компрессор арқылы ауа ағынын салқындату арқылы компрессордың жұмысын азайту арқылы газ турбинының тиімділігін арттыруға болады. Компрессордың қуаты көлемдік ағынға пропорционалды. Теориялық тұрғыдан , компрессордың әр сатысынан кейін салқындату компрессордың жұмысын мүмкіндігінше азайтады, бірақ іс жүзінде салқындату кезеңдерінің шектеулі саны ғана мүмкін болады.

Егер газ турбинының шығатын газының температурасы компрессордың шығысындағы ауа температурасынан жоғары болса, компрессордың шығысындағы ауаға шығатын газдан жылудың бір бөлігін беруге болады, бұл газ турбинының тиімділігін арттырады, өйткені газды турбинаның кіреберісіндегі қажетті температураға дейін қыздыру үшін аз отын шығыны қажет болады. Рекуперацияның бұл түрі негізінен компрессияның орташа дәрежесі бар газ турбиналары немесе компрессор сатылары арасында салқындатылатын газ турбиналары үшін қолданылуы мүмкін.

Компрессор сатылары арасында салқындатуды да, рекуперацияны да қолдануды көздейтін конструкциялардың көмегімен турбинаға кіре берістегі газдың температурасы 1200 ыС деңгейінде есептелген 50 %-дан астам тиімділікке қол жеткізуге болады [123]. БГҚ схемалары үшін ішкі регенерация тиімсіз, өйткені ол регенератордың артындағы газ температурасының төмендеуіне әкеледі және кәдеге жарату қазандығын қолдану әсерін азайтады.

Газ турбинасының тиімділігін едәуір арттыратын және кәдеге жарату қазандығы үшін айтарлықтай жылу әлеуетін сақтайтын қызықты схема-бұл газ турбинасының аралық жану камерасында газдарды қалпына келтіру және аралық жылыту бар күрделі цикл ГТҚ схемасы.

Екінші отын жеткізу қуатты едәуір арттырады және ауыспалы жүктемелер кезінде газ турбинасының жұмысын жақсартады. Регенерация дәрежесі 0,65 болған кезде регенератордың артындағы газдардың температурасы 550 ыС деңгейінде екенін атап өткен жөн, бұл БГҚ кәдеге жарату схемасын пайдалануға мүмкіндік береді және бұл ретте газ турбинасының пәк 47,5 %-ға дейін, ал БГҚ ПӘК 60,3 %-ға дейін көтеріледі (цикл пәк 55 %-дан жоғарылауы). Регенерацияны және отынды сатылы жеткізуді пайдалану кезінде газ турбиналы циклдің тиімділігін бағалау бойынша алынған нәтижелер газ турбиналы циклды жетілдіру бағытындағы жұмыстарды жалғастыру қажет екендігін көрсетеді. Айнымалы жылу кезінде электр жүктемесін тиімді реттеуге болатын кезде ЖЭО БГҚ үшін күрделі циклды қолдану әсіресе қызықты.

### **7.3.9. Көмірді төмен температуралы құйынды жағу**

НТВ-технологияның негізіне камералық оттықтағы бөлшектердің бірнеше рет айналымы жағдайында ірі ұнтақталған отынды сатылы-құйынды жағу салынған. НТВ-технологиясының басты артықшылықтары: төмен сұрыпты отындардың тұрақты тұтануы, қыздыру беттерінің қождануының болмауы және зиянды шығарындылардың салыстырмалы төмен деңгейі.

Тікелей ағынды алауда (ТАА) шанды жағудың дәстүрлі технологиясынан айырмашылығы, мұнда отынның негізгі бөлігі (92-96 % дейін) жанарғылардың жанында орналасқан және камералық оттықтың салыстырмалы түрде аз көлемін алатын «белсенді жану аймағында» (ЖАА) жанады, ЖАА-дағы ТТҚ-оттықта едәуір үлкен кеңістік (оның ішінде жағу воронкасының барлық көлемі) тартылған. Gorenje-де жұмыс істейтін барлық топтар бар. Сондықтан ТТҚ-пешіндегі ЖАА көлемінің жылу кернеуі қазандықтардың бірдей қуатымен 1,5-2 есе төмен. Бұл құйынды пештегі максималды температураны төмендетуге мүмкіндік береді (шамамен 100-300 нС және белсенді араластыруға байланысты температураны ЖАА-ға теңестіріңіз. Сонымен қатар, ТТҚ пешінің жылу тиімділігі қыздыру беттерінің ластануын азайту және конвективті жылу беруді күшейту арқылы артады, бұл қазандықтың бу өнімділігін 15-20 % арттыруға мүмкіндік береді.



Температураның төмен деңгейі, тотықтырғышты сатылап енгізу, жанып жатқан бөлшектердің бірнеше рет айналымы және күлдің гранулометриялық құрамының уылуы зиянды шығарындылар бойынша ( $\text{NO}_x$  азот оксидтері және  $\text{SO}_2$  күкірт диоксиді) құйынды оттықтардың жақсартылған көрсеткіштерін қамтамасыз етеді және күлтұтқыш жабдықтың жұмыс тиімділігін арттырады.

ТТҚ-оттықта  $\text{NO}_x$  түзілуінің төмендеуі от жағу процесінің ерекшеліктерімен байланысты: ЖАА-да температураның төмен деңгейі және тотықтырғышты отынға сатылы жеткізу. НТВ-оттықтағы жану өнімдерінің ең жоғары температурасы отын маркасына, шаң дайындау жүйесіне, жанарғы-шүмектік құрылғылар құрылымының ерекшеліктеріне және отынды жағу режиміне байланысты болады және, мысалы, жоғары ылғалды отын үшін 1050- 1200 нС аспайды. Бұл температура диапазонында негізінен» отын « $\text{NO}_x$  түзіледі, ал «ауа»  $\text{NO}_x$  мөлшері шамалы. ТТҚ-жағу кезінде оттықтардағы ауаның артық болу коэффициенті отын маркасына байланысты және, әдетте, 0,8-0,9 аспайды. Нәтижесінде  $\text{NO}_x$  шығарындыларын ӨФ технологиясымен салыстырғанда 30-70 %-ға төмендетуге болады.

ТТҚ-оттықтағы температураның төмен деңгейі  $\text{SO}_2$ -ні отынның минералды бөлігінің негізгі оксидтерімен (негізінен СаО) байланыстыруға мүмкіндік береді. Бұған байланыстырушы компоненттердің құйынды аймақта болу уақытының ұлғаюы, сондай-ақ күл бөлшектерінің аз балқуы (және үлкен реакция беті) ықпал етеді. ТТҚ-технологиясын қолдану ӨФ технологиясымен салыстырғанда  $\text{SO}_2$  байланыстыруды 20-50 %-ға (отын маркасына байланысты) арттырады. Бұдан басқа, құйынды оттықтың шарттары СаО негізінде түрлі сорбенттерді тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

ТТҚ-жағу кезінде отынды ұнтақтаудың іріленуі ұшпа күлді кетірудің іріленуіне әкеледі, бұл күлтұтқыш қондырғылардың циклон түріндегі, сондай-ақ электр сүзгілерінің жұмыс тиімділігін арттырады. ТТҚ-оттығы жоғары тұтану тұрақтылығын қамтамасыз етеді, бұл әсіресе төмен сұрыпты отынды жағу кезінде өзекті. Төмен температура деңгейіне қарамастан, жанған кокс отын бөлшектерінің бірнеше рет айналымы және ЖАА-ға ауаның сатылы берілуі тұтануды тұрақтандырады және отынның жануын қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда қыздырғыш және саптама ағындарының өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін қыздырғыш және саптама құрылғыларының дизайны мен аэродинамикалық әдістер маңызды рөл атқарады. ТТҚ-оттығы төмен сұрыпты отынды газ бен мазутпен көміртозаң алауының «көмескі жарығын» пайдаланбай тиімді жағуға мүмкіндік береді.

ТТҚ-жағу қыздыру беттерінің қождануын толығымен жояды және қазандықтың сенімділігін арттырады.

ГТҚ-технологиясын қолдану шаң дайындау жүйесін жеңілдетуге, оның өнімділігін арттыруға, жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз етуге, отынды жағуға дайындау шығындарын азайтуға, ұнтақтау жабдығының қызмет ету мерзімін арттыруға мүмкіндік береді.

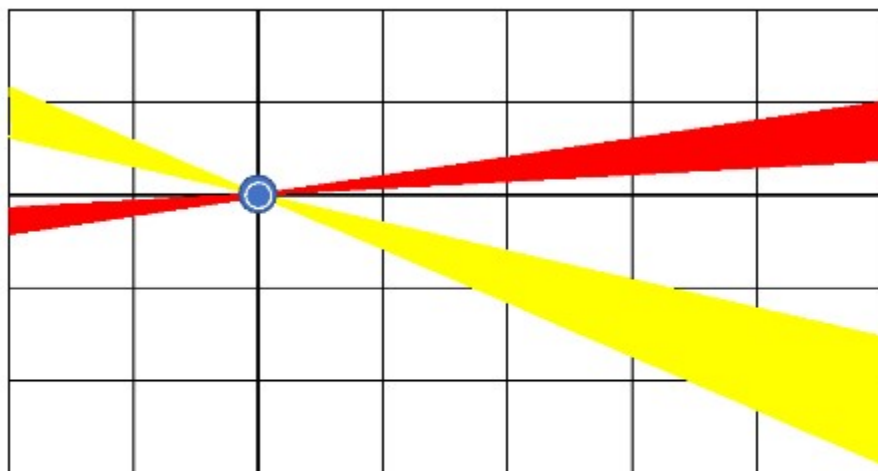
ГТҚ-жағу технологиясы қоңыр және тас көмірді қоса алғанда, қатты отындардың кең гаммасында апробацияланды. Соңғы сәтті жүзеге асырылған жобалардың ішінде Киров ЖЭО-4-тегі (Ресей) БКЗ-210 қазандығының модернизациясын (2008 жылы) және Назаровское МАЭС-тегі (Ресей) 500 МВт энергия блогының құрамына кіретін П-49 қазандығының техникалық қайта жарақтандырылуын (2013 жылы) атап өтуге болады.

### 7.3.10. ГТҚ компрессорына кіре берістегі ауаны салқындату жүйесі

Газ турбинасына кіретін ауаны салқындату-бұл ауа компрессорға кірмес бұрын сыртқы ауаны салқындату процесі, содан кейін ол жану камерасына жоғары қысыммен түседі.

Компрессорға кіретін ауаның салқындауының негізгі себебі-қоршаған ауаның жоғары температурасында турбиналардың қуатын жоғалтудың алдын алу. Жылы мезгілде ауаның термофизикалық қасиеттері өзгереді. Температураның жоғарылауы және ауа тығыздығының төмендеуі газ турбиналы қондырғының (ГТҚ) электр қуатының төмендеуіне, отынның үлестік шығынының ұлғаюына әкеледі.

Қоршаған орта температурасының жоғарылауымен қуаттың жоғалуы әр турбина үшін жеке болып табылады. Әртүрлі сараптамалық бағалаулар мен дайындаушы зауыттардың деректері бойынша орташа алғанда, сорылатын ауа температурасының 35 °C-тан 5 °C-қа дейін төмендеуі ГТҚ қуатының номиналдан 80 %-дан 110 % - ға дейін өсуін қамтамасыз етеді (7.4-сурет).



7.4-сурет. Қоршаған ауаның температурасына байланысты ГТҚ өнімділігі

ГТҚ кіре берісінде салқындату жүйелерін пайдаланудың артықшылықтары [2]:

1. Қуатты арттыру (салқындату жүйесін қолданудың маңызды артықшылықтарының бірі).
2. ГТҚ тиімділігін арттыру.
3. Газ турбиналары компоненттерінің қызмет ету мерзімін ұзарту (төменгі және тұрақты ауа температурасы турбина компоненттерінің тозуын азайтады).
4. Аралас циклдегі тиімділіктің жоғарылауы (жеткізілетін ауаның температурасы төмен шығатын температураны қамтамасыз етеді, бұл кәдеге жарату қазандығының тиімділігін төмендетеді. Алайда, ауаның көп шығыны кезінде шығатын газдардың массалық шығыны артады, бұл температураның төмендеуіне байланысты қуаттың жоғалуын жеткілікті түрде өтейді).
5. Энергия өндірісін болжау (қатар салқындату жүйелері қоршаған ортаның жағдайына қарамастан 6 нС-қа дейінгі ауа температурасында қозғалтқыштың жұмысын қамтамасыз етеді, бұл қоршаған орта температурасына қарамастан өндірілетін энергия мөлшерін болжауға мүмкіндік береді).

#### **ГТҚ-ға кіре берістегі ауаны салқындату тәсілдері**

Салқындатудың үш негізгі әдісі бар: буландырғыш салқындатқыштарды қолдану; салқындатқыш машиналарды қолдану, соның ішінде сіңіру (АБТМ); фильтрдің артындағы суды ұсақ дисперсті бұрку және ауа компрессорына кіретін аэрозольді аралық салқындату.

Бұл әдіс, сондай-ақ компрессорға кіретін аралық салқындату кеңінен қолданылады, әлемге әйгілі турбина өндірушілері, мысалы, ГТҚ Trent 60-да Siemens немесе GTU Lm6000-де General Electric патенттелген Sprint (SPray INTercooling) технологиясымен кеңінен қолданылады [3].

Дегенмен, нарықта жасанды тұман қондырғыларымен жұмыс істеп тұрған ГТҚ-ны қосымша жабдықтау қызметтерін ұсынатын компаниялар бар.

#### **ГТҚ компрессорына кіретін ауаны аэрозольді салқындату.**

ГТҚ қуатының артуы, ең алдымен, компрессорға жүктеменің азаюымен және жану камерасында жанғыш қоспаның көп мөлшерін қосымша жағу мүмкіндігімен байланысты.

Қысыммен судың ұсақ тамшылары ауаға түскенде, бұл оның температурасын төмендетеді және ылғалдылықты арттырады. Содан кейін ылғалданған ауа компрессордың ішінде шпатель кеңістігінде буланып кетеді, аралық салқындату әсері пайда болады, бұл сығымдау тиімділігін арттырады, ауа тығыздығының жоғарылауымен жану камерасының ішіндегі жанғыш қоспаның массасы артады, ал турбинаның ішіндегі жанғыш қоспаның шығыны неғұрлым көп болса, соғұрлым газ турбинасында қуат пайда болады [88].

Қазіргі ГТҚ-да турбинаның барлық моментінің жартысынан көбі компрессорды басқару үшін қолданылады [73], тіпті компрессор жүктемесінің аздап төмендеуі бүкіл

турбинаның тиімділігінің едәуір артуына әкеледі. Сондықтан, ГТҚ компрессорына кіретін ауаны аэрозольді салқындатуды енгізу бір уақытта бүкіл ГТҚ өнімділігі мен тиімділігін арттырады. Алайда, аэрозольді салқындату арқылы турбиналардың қуатын арттыру әдісі зерттелуде, өйткені су тамшыларының түсуіне байланысты Компрессор пышақтарының эрозиясы, біркелкі емес салқындауға байланысты компрессор корпусының деформациясы сияқты бірқатар мәселелер бар. Сонымен қатар, кері осмос сияқты басқару жүйесін және суды дайындау жүйесін дәл баптау қажет [90].

### **Сүзгіден кейін суды ұсақ дисперсті бүрку жүйесі (жасанды тұман)**

Аэрозольді салқындатудың артықшылығы-оны ауа-райына қарамастан, әлемнің кез-келген жерінде қолдануға болады. Жасанды тұман жасау әдісіне қарағанда, ол тек 15 КС-тан жоғары температурада тиімді.

Жасанды тұман жүйесінің негізгі мақсаты сүзгіден тыс ауа температурасын төмендету болғандықтан, су тұманының саптамалары компрессордан мүмкіндігінше алыс орналасқан. Бұл негізінен суды ауадан компрессорға кіргенге дейін буландыру үшін жеткілікті қашықтықты қамтамасыз ету үшін жасалады. Ауа температурасын төмендетуден басқа, бүрку азот оксидтерінің түзілуін  $90 \text{ мг/Нм}^3$  дейін төмендетеді.

Жүйенің негізгі элементі-ұсақ дисперсті шашыратуға арналған саңылаулар. Саңылаулар тот баспайтын болаттан жасалған, оларды жеке тексеріп, конфигурациялау керек.  $100 \text{ кг с/см}^2$ -ден жоғары қысым кезінде тамшылардың орташа диаметрі 10-15 мкм-ден аз болады. Бұл тиімді және жылдам (бірнеше секунд ішінде) булануға әкеледі, бұл түтік каналының сулануының минималды мәні және түтікке кіретін қысымның төмендеуі. Саптамалардың қызмет ету мерзімі 30 жылдан асады [90].

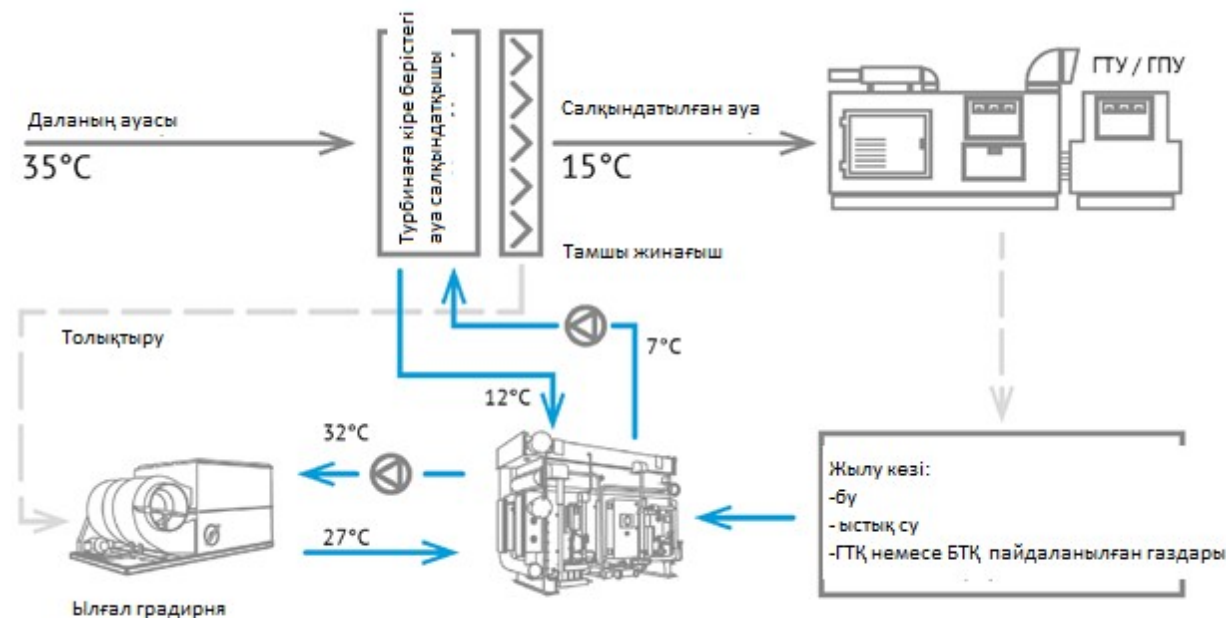
ГТҚ қуатын арттыру үшін қажетті судың мөлшері әрбір нақты турбина үшін жеке және ең алдымен қоршаған ауа райы жағдайлары мен қуатына байланысты. Компрессордың кіреберісіндегі ауаны әр түрлі турбиналар үшін 10 нС салқындаған кезде қуаттың жоғарылауы 6-дан 9 %-ға дейін болады. Шағын пайдалану шығындары және үнемдеудің үлкен пайызы кезінде ГТҚ жүйесін енгізудің өзін-өзі ақтау мерзімі орта есеппен шамамен бір жылды құрайды [89].

### **ГТҚ компрессорына кіре берістегі ауаны салқындату жүйелерінде АБТМ қолдану**

Абсорбциялық тоңазытқыш машиналарын (АБТМ) қолдану перспективалы болып саналады. Дәстүрлі бу компрессорлық салқындатқыштармен салыстырғанда АБТМ электр энергиясының шығынын едәуір төмендетеді, оларды пайдалану операциялық шығындарды азайтады. 1000 кВт суық өнімділігі бар АБТМ бірнеше кВт электр энергиясын жұмсайды. Ол негізінен сорғылар мен желдеткіштердің жұмыс ортасын жылжытуға, сондай-ақ автоматиканы электрмен жабдықтауға жұмсалады. АБТМ тоңазытқыш циклын жүзеге асыруға электр энергиясын жұмсамайды. АБТМ паркін ұстауға жұмсалатын пайдалану шығындары, әдетте, қуаты жағынан ұқсас бу сығымдау техникасын ұстауға қарағанда 2-3 есе төмен [86].

АБТМ жылу көзі ретінде ГТҚ, бу, ыстық судың шығатын газдарының жылуы қолданылады. АБТМ схемасы 7.5 суретте көрсетілген.

Мұндай жүйелерді базалық режимде ұзақ уақыт жұмыс істейтін ГТҚ-да қолданған дұрыс.



7.5-сурет. АБТМ құрылымдық схемасы

ГТҚ ҚАТҚ жаңғырту тәжірибесі бар, АБТМ орнату үшін шамамен 250-350 \$/кВт қажет болады (Ресейдегі жобаларды талдау). Экономикалық тиімділік қосымша энергияны сату құны мен отынды үнемдеумен анықталады, ГТЭС-те ауаны салқындату жүйелерін енгізудің өзін-өзі ақтауының қарапайым кезеңі шамамен 6-8 жылды құрайды.

### 7.3.11. ГТҚ-ға арналған микроалаулы отын жағатын құрылғылар

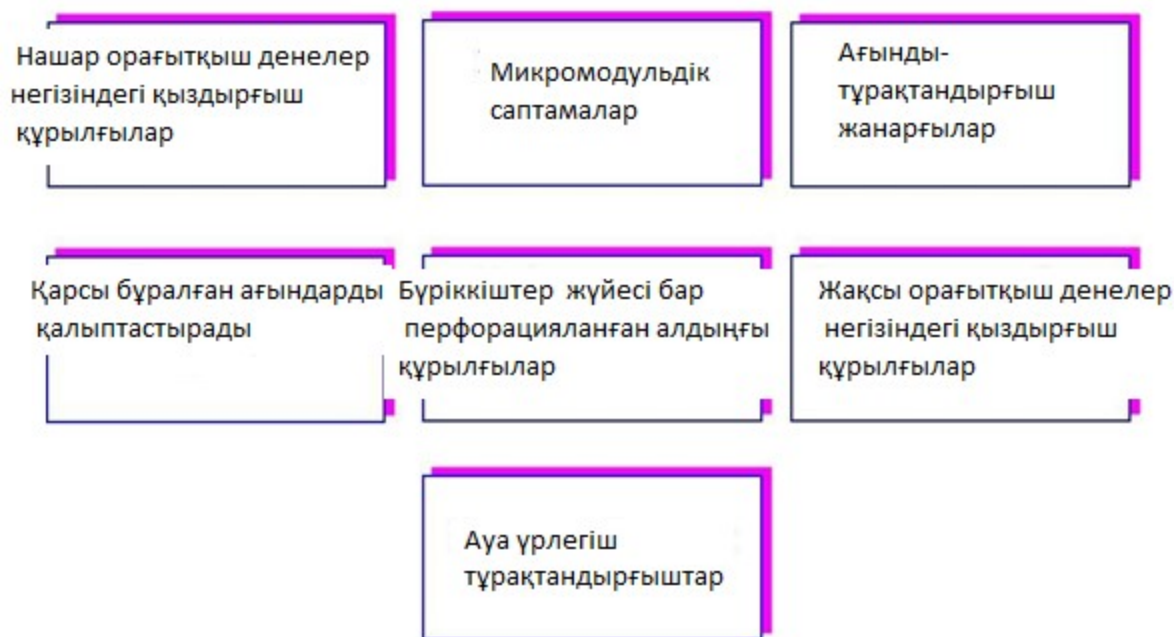
Газ турбиналық технологияларды екі себепке байланысты энергия өндірудің дәстүрлі әдістерінің арасында бөліп көрсету керек. Біріншісі - газ турбиналары, әдетте, газды жағу кезінде зиянды шығарындылардың ең төмен деңгейіне ие негізгі отын ретінде пайдаланады. Екінші, газ турбиналары энергетикада қазіргі кездегі ең үнемді бу-газ циклінің негізгі жабдықтары ретінде кеңінен қолданылады.

Әр түрлі жүктемелерде және артық отынның кең ауқымында және улы заттардың төмен шығарындыларында әртүрлі құрамдағы газ тәрізді отынды жағуға мүмкіндік беретін технологияларды әзірлеу өзекті болып табылады.

Түбегейлі жаңа жанармай жағатын құрылғыларды жасау стандартты Инжекторлы-қыздырғыш құрылғылар мен жану камераларындағы жану процестері туралы бірқатар ережелерді қайта қарауды қажет етеді. Зиянды шығарындыларды

азайтудың ең перспективалы әдістерінің бірі жану камерасын жұмыс аймағының барлық қимасы бойынша бытыраңқы орналасқан фронтальды құрылғымен орындау болып табылады [91, 95].

Мұндай дамыған микроалаулы жану азот оксидтерінің шығарындыларын азайтып қана қоймай, жану камерасының өлшемдері мен сәйкесінше металл сыйымдылығын азайтады, сонымен қатар жанудың жоғары толықтығын қамтамасыз етеді. Аралық жану камераларында микроалаулы құрылғыларды пайдалану төмен қысымды турбина сатыларына кіре берісте температураның біркелкі өрісін алуға мүмкіндік береді [96]. Микроалаулы жану құрылғыларының негізгі түрлерінің құрылымдық схемасы 7.6-суретте көрсетілген.



7.6-сурет. Микроалаулы жанарғылық құрылғылардың негізгі типтері

ГТҚ және ГТҚ жану камераларының жанарғылық құрылғыларына қойылатын талаптарды қатайту конструкторларды отынның жану толықтығын, сенімділігін және жылдам тұтануын, температуралық өрістің біркелкі болуын, аэродинамикалық кедергінің төмендігін және жану тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін олардың жұмысын оңтайландыру тәсілдерін іздеуге мәжбүрлейді [92]. Микроалаулық жану осы көрсеткіштерге жетуді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді және көбіне қойылатын талаптарға сәйкес келеді.

ГТҚ және ГТҚ жану камераларында микроалаулы жануды іске асырудың эксперименттік деректерін талдау осы әдісті қолданудың бірқатар артықшылықтарын атап өтуге мүмкіндік береді:  $NO_x$  төмен шығарындылары [73, 86, 87, 90], ең перспективалы талаптарға сәйкес келетін қондырғылардың мөлшерін және жану камерасының шыға берісінде газдардың температуралық өрісінің біркелкі еместігін азайту [91, 92], діріл жануын басуға байланысты шудың төмен деңгейі [93, 95], газ

қысымының аз шығыны және сарқылған жанғыш қоспада жұмыс істеуді қамтамасыз ету [91, 95, 96].

## **8. Қосымша түсініктемелер мен ұсынымдар 8.1. Жалпы ережелер**

«Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отын жағу» ЕҚТ анықтамалығының жобасы электр энергетикасы саласының сарапшылар тобы мен «Халықаралық жасыл технологиялар және инвестициялық жобалар орталығы» КЕАҚ арасындағы шарттық қатынастар шеңберінде орындалған. Анықтамалықтың құрылымы «энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отын жағу» ең үздік қолжетімді техникалар бойынша салааралық анықтамалықты әзірлеу жөніндегі техникалық жұмыс тобын құру туралы «2021 жылғы 25 ақпандағы №18-21П «ХЖТИЖО» КЕАҚ Басқарма Төрағасының бұйрығымен құрылған ТЖТ-мен бекітілді.

Осы ЕҚТ анықтамалығын қалыптастыру кезінде «Халықаралық жасыл технологиялар және инвестициялық жобалар орталығы» КЕАҚ сарапшылар тобы орындаған кешенді технологиялық аудит (КТА), оның барысында 2015-2019 жылдар кезеңінде кәсіпорындар бағдарламалық-талдамалық кешенде ұсынған электр энергетикасы саласының 23 кәсіпорны тексерілді, kta-expert.kz сондай-ақ электр энергетикасы саласын ең үздік қолжетімді технологиялар қағидаттарына сәйкестігіне сараптамалық бағалау туралы есеп (салалық есеп) материалдары пайдаланылды.

Электр және жылу энергиясын өндіру мақсатында әртүрлі отын түрлерін жағатын ірі қондырғылар үшін маркерлік заттар шығарындыларының шекті деңгейін бағалау Қазақстанның ірі ЖЭС-ін қоса алғанда, КТА-ның жиналған деректері негізінде жүргізілді: Екібастұз МАЭС-1, 2, ЕЭК, Қарағанды ЖЭО-2, ЖЭО-3, Павлодар ЖЭО-3, «Қазақстан алюминийі» АҚ ЖЭО, «Алматы электр станциялары» АҚ ЖЭО-2, Өскемен ЖЭО, Петропавл ЖЭО-2, «3-Энергоорталық» АҚ ЖЭО, Топар МАЭС және басқалар. Өкінішке орай, пандемияға байланысты барлық станцияларға бару мүмкін болмады. Қосымша материалдар Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігінің «Электр энергетикасын дамыту және энергия үнемдеу институты» АҚ-ның көмегімен алынды (кәсіпорындардың келісімімен 2019-2020 жылдары жүргізілген энергия аудиттері бойынша қорытындылар).

Кейбір кәсіпорындар КТА жүргізуге келісім берген жоқ, кәсіпорындардың бір бөлігі энергетикалық аудит жөніндегі материалдарды пайдалануға келісім берген жоқ, алайда неғұрлым ірі кәсіпорындар бойынша орындалған жұмыстардың нәтижесінде бес жылдық кезең үшін сенімді мәліметтер алынды, олар тұтастай алғанда будың бастапқы параметрлеріне, отын түріне және қондырғылар түріне байланысты ЖЭС энергия тиімділігі деңгейлерін сипаттайды.

Осы ЕҚТ анықтамалығын дайындау кезінде «Халықаралық жасыл технологиялар және инвестициялық жобалар орталығы» КЕАҚ ұйымдастырған ең үздік қолжетімді технологиялар (бұдан әрі - ЕҚТ) бойынша техникалық анықтамалықты одан әрі әзірлеу

үшін сала кәсіпорындары туралы өзекті ақпаратты жинау мақсатында дайындалған сауалнама-сауалнамалар негізінде ақпарат алмасу барысында қазақстандық жылу және электр энергиясын өндірушілерден алынған материалдар пайдаланылды.

Электр энергетикасы өнеркәсібінің үлесіне жыл сайын орташа есеппен 900 мың тонна ластағыш заттар келеді, бұл Республиканың бүкіл өнеркәсібінен шығарындылардың шамамен 40 %-ін құрайды.

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында ірі отынды өртейтін станциялардың кез келген отын түрін пайдалануы кезінде зиянды заттар шығарындыларының деңгейін регламенттейтін заң актілері жоқ.

Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2021 жылғы 21 қыркүйектегі № 650 Қаулысымен «Жылу электр станцияларының қазандық қондырғыларында отынның әртүрлі түрлерін жағу кезінде қоршаған ортаға эмиссияларға қойылатын талаптар техникалық регламентін бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2007 жылғы 14 желтоқсандағы № 1232 қаулысының күші жойылды.

Осыған байланысты электр станцияларынан ластағыш заттар шығарындыларының деңгейлерін белгілеуді ластағыш заттар шығарындыларының шашырауын есептеу кезінде Шекті рұқсат етілген шоғырлануларды ескере отырып, әрбір нақты жағдайда жеке мемлекеттік экологиялық сараптама жүзеге асырады.

Алайда, Қазақстан Республикасы Экологиялық кодексінің 113-бабының 5-тармағына сәйкес ең үздік қолжетімді техникалар бойынша Қорытынды ережелерінің бірі ең үздік қолжетімді техникаларды қолданумен байланысты эмиссиялар деңгейі болып табылады.

Ең үздік қолжетімді техникаларды қолданумен байланысты эмиссиялар деңгейлері белгілі бір уақыт кезеңіндегі орташалануды ескере отырып, ең үздік қолжетімді техникалар бойынша қорытындыда сипатталған бір немесе бірнеше қолжетімді техникаларды қолдана отырып, объектіні пайдаланудың қалыпты жағдайларында қол жеткізілуі мүмкін эмиссиялар деңгейлерінің (ластағыш заттар шоғырлануының) диапазоны ретінде айқындалады белгілі бір жағдайларда жүзеге асырылады.

Осыған байланысты, «Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отынды жағу» ЕҚТ бойынша анықтамалық жобасында белгіленген шығарындылар деңгейі ЕҚТ қолданудың әлемдік тәжірибесіне сәйкес келеді, ал шаң бойынша шығарындылар деңгейі Қазақстандық қатты отынның ерекшелігіне сәйкес белгіленген.

Ең үздік қолжетімді техникаларды енгізумен сүйемелденетін электр энергетикасы өнеркәсібінің кешенді экологиялық рұқсатқа көшуі электр энергетикасы саласының жыл сайынғы шығарындыларын 70 % -ға қысқартады деп күтілуде.

Кейінге қалдырылған ЕҚТ-ға көшу нәтижесінде экономикалық шығындар адам капиталы бойынша шығындарға әкеп соғады - бұл электр станцияларының жұмысынан атмосфералық ауаның ластануынан туындаған жылына 15 мың адамнан болатын мерзімінен бұрын өлім, бұл шамамен 8,580 млрд АҚШ долларын құрады.



Анықтама: Халықаралық ынтымақтастық жөніндегі Германия қоғамының (GIZ) орындалған экономикалық-әлеуметтік-экологиялық жұмыстарына сәйкес өлім-жітім және экономикалық ысыраптар бойынша ақпарат.

Жанадан іске қосылатын электр станцияларына келетін болсақ, Қазақстан Республикасы Экологиялық кодексінің 418-бабының 7-тармағына сәйкес Қазақстан Республикасының Үкіметі ең үздік қолжетімді техника бойынша қорытындыларды бекіткенге дейін объектілер операторлары кешенді экологиялық рұқсат алу және технологиялық көрсеткіштерді негіздеу кезінде оларды қолданудың тиісті салалары бойынша ең үздік қолжетімді техника бойынша анықтамалықтарға сілтеме жасауға құқылы. Қоршаған ортаның ластануын кешенді бақылау және болғызбау жөніндегі Еуропалық бюро шеңберінде әзірленген, сондай-ақ Еуропалық комиссияның оларды қолданудың тиісті салалары бойынша ең үздік қолжетімді техникалар бойынша қорытындыларды бекіту туралы шешімдеріне.

Электр энергетикасы саласының кешенді-технологиялық аудитін орындау барысында қолданыстағы жабдықта жаңғыртудың жоқтығымен, қолданыстағы жабдықтарды ұзақ мерзімге реконструкциялауға/жаңғыртуға шығару үшін қажетті жылу мен электр энергиясын өндіру жөніндегі технологиялық резервтердің жетіспеушілігімен байланысты түйінді проблемалар анықталды, бұдан басқа қолданылып отырған ескірген өндірістік технологиялардың технологиялық жинақталуы мен ерекшеліктерінің қысқаруы жұмыс істеп тұрған электр станцияларында ЕҚТ енгізу перспективасын тиісті дәрежеде бағалауға мүмкіндік бермейді.

Алайда, барлық қалыптасқан жағдай кезінде ЕҚТ енгізу арқылы операторларды кешенді экологиялық шешуге көшу электр энергетикасы саласын дамытудың салалық бағдарламасы болмаған жағдайда қолданыстағы жағдайды ынталандыру мен жаңғыртуда маңызды түрткі болады

Бұдан басқа, «Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отынды жағу» ЕҚТ бойынша анықтамалық жобасын әзірлеу кезінде жиі көтерілген ауыртпалықты мәселелердің бірі ЕҚТ енгізуді қаржыландыру мәселесі болды.

Ал Анықтамалық жобасының негізгі мақсаты ең үздік қолжетімді техникаларды енгізу арқылы өнеркәсіп саласының қоршаған ортаға әсерін кешенді болғызбау болып табылады.

Электр энергетикасы саласының кешенді-технологиялық аудитінің деректеріне сәйкес Республика станцияларында ең үздік қолжетімді техникаларды енгізуге шамамен 1,5 трлн теңге.

ЕҚТ-ны жаңғырту мен енгізуге жұмсалған қаражат ұзақ мерзімді перспективада халықтың денсаулығына және қоршаған ортаның сапасына өтелетінін есте ұстау қажет.

Осы ЕҚТ анықтамалығымен жұмыс істеу барысында әдебиеттерді шолу, сарапшылар арасында талқылау, ресми дереккөздерден алынған ақпарат,

нормативтік-құқықтық құжаттар, ЕҚТ (BREF) бойынша анықтамалық құжаттар, ең үздік қолжетімді технологиялар бойынша ақпараттық-техникалық анықтамалықтар (ЕҚТ АТА) және басқа да техникалық регламенттеуші құжаттар негізінде деректер жинау жүргізілді, оның ішінде мыналар бар:

«Өнеркәсіптік шығарындылар туралы (ластанудың кешенді алдын алу және оны бақылау туралы)» Еуропалық парламент пен Еуропалық кеңес Одағының 2010/75/ЕО директивасы;

«Еуропалық парламенттің және Өнеркәсіптік шығарындылар жөніндегі кеңестің 2010/75/ЕО директивасында айтылған деректерді жинау және ЕҚТ бойынша анықтамалық құжаттарды жасау, сондай-ақ олардың сапасын қамтамасыз ету жөніндегі нұсқаулыққа қатысты ережелерді белгілеу» шешімдерді орындайтын комиссияның 2012 жылғы 10 ақпандағы шешімі;

Ірі жағу қондырғыларына арналған ЕҚТ бойынша анықтамалық құжат (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants), 2006 ж.;

Ірі жағу қондырғыларына арналған ЕҚТ бойынша анықтамалық құжат (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants), 2016 ж.;

ЕК-нің «Экономикалық және кросс-медиа әсері» бойынша анықтамалық құжаты (Reference Document on Economics and Cross-Media Effects), 2006 ж.;

«Қалдықтармен жұмыс істеу» ЕК ЕҚТ бойынша анықтамалық құжаты (Best Available Techniques Reference Document for Waste Treatment), 2018 ж.;

ЕК «Энергия тиімділігі» ЕҚТ бойынша анықтамалық құжаты (reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency), 2009 ж.;

BREF-тегі химиялық заттарды қайта қарау стратегиясы (Strategy to review the chemical BREFs) 2007 жылғы наурыз;

2019 жылғы 7 наурыздағы BREF-те пайдаланылатын тестке ұсыныстар (Standard text used in BREFs), Севилья;

ЭЫДҰ-ның ЕҚТ бойынша жобасының есебі - 4-кезең - ЕҚТ негізінде экологиялық рұқсаттар алу шарттарын орындау үшін ЕҚТ анықтау және экологиялық тиімділік деңгейлерін белгілеу жөніндегі нұсқаулық, 2020 ж.

## **8.2. Ұсынымдар**

Қазақстанда қуаты 500 МВт және одан жоғары бірде-бір газ ГТЭС жоқ, Экологиялық кодекске сәйкес тиісінше I санаттағы объектілерге жатпайды, сондықтан мұндай ГТЭС КЭР алмайды. Екінші жағынан, 20 Гкал/сағ қазандықтары бар шағын қазандық, жағылатын мазут IV санатқа жатады, кішкене кеңейту кезінде ол бірден I санатқа айналады және шығарындыларды бақылаудың автоматтандырылған жүйесін (ASM) орнату талабы 20 Гкал/сағ ескі қазандықтар үшін міндетті болып табылады, бұл экономикалық тұрғыдан мүмкін емес, өйткені АСМ құны қазандықтың қалдық құнымен салыстырылады.

ЕҚТ-ны енгізуді мемлекеттік бақылауды ұйымдастыру, ЕҚТА-ны қайта өңдеу қажеттілігін айқындау мақсатында ТЖТ мүшелері электр энергетикасындағы технологиялық көрсеткіштердің мәндеріне қол жеткізілетін ЕҚТ қолдану жөніндегі ақпаратты мерзімді жинауды ұйымдастыру қажет деп санайды. Қолданыстағы салалық есептілік жүйесі, оның ішінде экологиялық есептілік мұндай ақпаратты қамтымайды. Мұндай ақпаратты жинаудың ең қолайлы түрі, ТЖТ-ға сәйкес, құрылған пакет болып табылады kta-expert.kz, онда ЕҚДТ қолдану модулін әзірлеу.

ЕҚТ қағидаттарына көшуді дайындау үшін кәсіпорындар энергия тиімділігін арттыру жөніндегі іс-шаралардан бастау керек, атап айтқанда:

- 1) отынның үлестік шығынын азайту;
- 2) өз мұқтаждарына электр энергиясының шығынын қысқарту;
- 3) қазандықтардың газ трактісіндегі сорғыштарды азайту және олардың энергия тиімділігін арттыру;
- 4) отын жағу процестерін оңтайландыру , оның ішінде жану процесін автоматтандыру;
- 5) отын сапасын бақылау;
- 6) көмірді ұсақтауды бақылау;
- 7) ыстық ауа мен аэрокоспаның температурасын бақылау;
- 8) будың бастапқы параметрлерін бақылау және қолдау;
- 9) конденсатордағы вакуумды бақылау және қолдау;
- 10) қоректік су температурасын бақылау және ұстап тұру;
- 11) үрлеу суының жылуын кәдеге жарату;
- 12) эмульгаторларда тазартылған суды пайдалану;
- 13) градирнялардағы температуралық қысымды сақтау;
- 14) қажет болған жағдайда салқындатылатын суды өңдеуді және оның сапасын сақтауды қамтамасыз ету;
- 15) майланған және сыланған суларды кәдеге жарату
- 16) шығарынды көзінен шығарындыларды бақылау;

Бұрынғы үшеуінің нысанын қалпына келтіру ұсынылады (көптеген ЖЭС 3-тех нысанын ішкі пайдалану үшін пайдалануды жалғастыруда) және жұмыс көрсеткіштерін бақылау үшін үш айда бір рет Энергетика министрлігіне есеп беру ұсынылады, өйткені аймақтық деңгейде жылу энергиясын (табиғи монополист ретінде) босатудың жоғары үлестік шығындары бекітіледі, бұл қазандықтың ПӘК аралас өндірісінде жылу және электр энергиясы үшін екі түрлі мәнге ие бола алмайтындығын ұмытып кетеді. Осы «үйлеспеушіліктердің» барлығы энергияның екі түрін екі түрлі ведомостармен реттеуге байланысты: жылу энергиясының тарифтерін реттейтін Ұлттық экономика министрлігінің Табиғи монополияларды реттеу және бәсекелестікті қорғау комитеті (ТМРБҚК) және электр энергиясына шекті тарифтерді белгілейтін Энергетика министрлігі. Реттеудің күрделілігіне, кейде мамандардың біліксіздігіне байланысты

электр және жылу энергиясын реттеуді бір органға - Қазақстан Республикасының Энергетика министрлігіне, ең болмағанда аралас өндірісте шоғырландыру керек, ал қазандықтардан жылу энергиясын өндіру және бөлу кезінде оны ТМРБҚК және жергілікті департаменттерде қалдыру керек.

Энергия тиімділігіне режим факторлары айтарлықтай әсер етеді.

82-85 % жүктеме кезінде максималды тиімділік, бұрын өндірушілер қазандық қондырғыларын осындай жүктеме кезінде максималды тиімділікке жобалаған. Бастапқыда Екібастұз МАЭС Екібастұз отын-энергетикалық кешенінің (ЕОЭК) құрамында электр жүктемелерінің базалық бөлігінде барынша энергия тиімділікпен жұмыс істеуге тиіс болатын. Қазіргі уақытта 500 МВт конденсациялық блоктар ұлттық диспетчерлік орталықтың (ҚО ҰДО) ыстық резервін қамтамасыз етеді, нәтижесінде ЭГРЭС-1-ге шартты отынның (ШОМШ) үлестік шығыстары осындай блоктары және сол көмірі бар Рефтиндік ГРЭС-ке қарағанда 15-20 %-ға жоғары, өйткені жүктемелердің базалық бөлігінде ең жоғары тиімділік кезінде 82-85 % жүктемені көтереді.

Осыған байланысты келесі редакциядағы «Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отынды жағу» ЕҚТ анықтамалығын әзірлеу кезінде (8 жылдан кейін) қосымша зерттеулер мен қосымша ақпарат жинау қажет болады.

ЕҚТ анықтамалығын әзірлеу кезінде сондай-ақ кешенді технологиялық аудит жүргізу барысында егжей-тегжейлі қаралмаған және анықтамалықтың ЕҚТ талаптарына сәйкестік бөлімдерін әзірлеу кезінде қажет болатын жылу энергетикасы кәсіпорындары шығарындыларының үздіксіз мониторингі нәтижелері бойынша неғұрлым ауқымды ақпарат талап етіледі.

Технологиялық нормалауға көшу процесінде саланың бастапқы технологиялық деңгейін айқындау ерекше маңызға ие болады. Анықтамалықты әзірлеу барысында жабдықтың ағымдағы жай-күйі туралы барынша шынайы және шынайы ақпарат алу, қолжетімді әлеуетті және негізделген технологиялық көрсеткіштерді белгілеу үшін алынған деректерді дұрыс талдау, электр энергетикасы саласын дамытудың негізгі бағыты ретінде перспективалық технологиялар тізбесін айқындау қажет.

КЭР алу үшін энергия өндіру мақсатында отынды жағу бойынша ірі қондырғылар үшін келесі жалпы көрсеткіштерді ұсынамыз:

- 1) жалпы қондырғының энергия тиімділігі көрсеткіші:  
тек электр энергиясын өндіретін қондырғылар үшін - электр ПӘК (нетто);  
аралас өндіріс қондырғылары үшін-отын жылуын пайдалану коэффициенті;
- 2) қазандықтардың әрбір түрі үшін құрғақ газ  $\text{мг/нМ}^3$  көрсетілген ластағыш заттар шығарындыларының шекті деңгейі,
- 3) өндіріс бірлігіне күл-қож қалдықтары түзілуінің үлестік көрсеткіштері;
- 4) тұрғын кент жағынан СҚА шекарасында шудың әсер ету деңгейі (есептік);

## 5) АМЖ көлемі.

Ақпарат алмасу кезінде ірі отын жағу қондырғылары үшін ең үздік қолжетімді технологиялар жөніндегі анықтамалықты келесі қарау барысында шешілуі тиіс бірқатар мәселелер айқындалды. Осыған байланысты мынадай ұсынымдар берілген: іске қосу, тоқтату кезінде және ерекше пайдалану жағдайларында шығарындылар бойынша қосымша ақпарат жинау;

негізгі және ең жоғары жүктемелерде пайдалану үшін қозғалтқыштар мен газ турбиналарын пайдалану бойынша, сондай-ақ оларды пайдалану сағаттарының саны бойынша қосымша ақпарат жинау;

қазандықтарда қатты отын мен табиғи газды жағу кезінде СКҚ қолдану бойынша ақпарат жинау;

газ турбиналарында табиғи газды жағу кезінде СКҚ қолдану жөнінде ақпарат жинау ;

табиғи газды жағу кезінде тотығу катализаторларының қолданылуы туралы ақпарат жинау керек;

газ турбиналары және бу/су бүрку БГҚ қондырғылары бойынша, әсіресе тиісті сападағы су көзінің қол жетімділігіне қатысты қосымша ақпарат жинау;

теңіз платформалары бойынша, атап айтқанда сұйық отынды жағу үшін екі отынды газ турбиналарын пайдалану бойынша қосымша ақпарат жинау;

көмірде және/немесе лигнитте жұмыс істейтін айналымды қайнаған қабаты бар қазандықтарды пайдалану нәтижесінде  $N_2O$  шығарындылары бойынша қосымша деректерді жинау;

$SO_2$  шығарындыларының деңгейіне қатысты көмір мен лигнит арасындағы айырмашылықты анықтау қажеттілігі бар-жоғын бағалау үшін қосымша ақпарат жинау ;

жоғары сілтілік биомассаны жағу туралы ақпарат жинау;  
химия өнеркәсібінде технологиялық отынды пайдалану кезінде жағу қондырғыларынан  $NO_x$  шығарындыларына азот пен сутектің жоғары мөлшерінің әсері туралы қосымша ақпарат жинау.

## Библиография

1. Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі. 2021 жылғы 2 қаңтардағы № 400-VI.

2. 2015-2019 жылдарға арналған қоршаған ортаның жай-күйі және табиғи ресурстарды пайдалану туралы Ұлттық баяндама [www.ecodoklad.kz](http://www.ecodoklad.kz).

3. KAZENERGY Ұлттық энергетикалық баяндамасы 2019 ж. [https://www.kazenergy.com/upload/document/energy-report/NationalReport19\\_ru](https://www.kazenergy.com/upload/document/energy-report/NationalReport19_ru).

4. Қазақстан Республикасының «жасыл экономикаға» көшуі жөніндегі 2017 - 2018 жылдардағы ұлттық баяндама. ҚР экология, геология және табиғи ресурстар министрлігі, ХЖТИЖО, 2019, 370-бет. [www.eri.kz](http://www.eri.kz); [www.sdgs.kz](http://www.sdgs.kz).

5. Ерікті ұлттық шолу 2019. Тұрақты даму саласында 2030 жылға дейін күн тәртібін іске асыру туралы. «Экономикалық зерттеулер институты» АҚ, Нұр-Сұлтан, 2019, 160-бет.

6. «Қазақстан Республикасын индустриялық-инновациялық дамытудың 2020 - 2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2019 жылғы 31 желтоқсандағы № 1050 П қаулысы.

7. 2015-2019 жылдардағы Қазақстан Республикасының негізгі әлеуметтік-экономикалық көрсеткіштері. Қазақстан Республикасының Стратегиялық даму және реформалар агенттігінің Ұлттық статистика бюросы. [www.stat.gov.kz](http://www.stat.gov.kz).

8. 2015-2019 жылдарға арналған Қазақстан Республикасының қоршаған ортасының жай - күйі туралы ақпараттық бюллетені [www.ecogofond.kz](http://www.ecogofond.kz).

9. Қазақстан Республикасының Президентінің 2018 жылғы 15 ақпандағы №636 Жарлығымен бекітілген Қазақстан Республикасының 2025 жылға дейін Стратегиялық даму жоспары.

10. О.Д. Скобелев, Т.В. Гусева, О.Ю. Чечеватова, А.Ю. Санжаровский, К.А. Щелчков, М.В. Бегак. Еуропалық Одақ пен Ресей Федерациясындағы ең үздік қол жетімді технологиялар бойынша анықтамалықтарды әзірлеу, қайта қарау және өзектендіру процедураларына салыстырмалы талдау, Мәскеу, 2018, «Перо», 113 бет.

11. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control, p .986. <http://europa.eu>.

12. Комиссияның (ЕО) 2017 жылғы 31 шілдедегі № 2017/1442 атқарушы шешімі, онда Еуропалық парламенттің және Кеңестің 2010/75/ЕО директивасына сәйкес ірі отын жағу қондырғылары үшін ең үздік қолжетімді технологиялар (ЕҚТ) бойынша қорытындылар келтіріледі.

13. Энергия өндіру мақсатында ірі қондырғыларда отынды жағу. Икс-38, Мәскеу, ЕҚТ бюросы, 2017, 271 бет.

14. Шаруашылық және (немесе) өзге де қызметті жүзеге асыру кезінде энергетикалық тиімділікті арттыру, Икс-48, Мәскеу, ЕҚТ бюросы, 165 б.

15. Қазақстан Республикасының Энергетика министрлігінің 2017-2021 жылдарға арналған стратегиялық жоспары туралы Қазақстан Республикасының Энергетика министрінің 2016 жылғы 28 желтоқсандағы № 571 бұйрығы.

16. Қазақстан Республикасының энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру саласындағы мемлекеттік саясатына шолу. Энергетикалық Хартия Хатшылығы, Брюссель 2014. 225 б.

17. BAT Guidance Note on Best Available Techniques for the Energy Sector (Large Combustion Plant Sector), 1-st edition 2008, [www.epa.ie](http://www.epa.ie).
18. ЕК-нің «Экономикалық және кросс-медиа ЭСфект» (Reference Document jn Economics and Cross-Media Effects) бойынша анықтамалық құжаты, 2018.
19. «Қалдықтармен жұмыс істеу» ЕК ЕҚТ бойынша анықтамалық құжаты (Best Available Techniques Reference Document for Waste Treatment), 2018.
20. «Энергия тиімділігі» ЕК ЕҚТ бойынша анықтамалық құжаты (Best Available Techniques Reference Document for Efficiency), 2009.
21. BREF-тегі химиялық заттарды қайта қарау стратегиясы (Strategy to review the chemical BREFs) 2007 жылғы наурыз.
22. 2019 жылғы 7 наурыздағы bref-те (стандартты мәтін BREFs-те қолданылады) қолданылатын мәтінге ұсыныстар, Севилья.
23. ЭЫДҰ-ның ЕҚТ жобасының есебі - 4-кезең-ЕҚТ негізінде экологиялық рұқсаттар алу шарттарын орындау үшін ЕҚТ анықтау және экологиялық тиімділік деңгейлерін белгілеу жөніндегі нұсқаулық, 2020 ж.
24. Жылу электр станциялары мен қазандықтар үшін атмосфераға ластағыш заттардың шығарындыларын есептеу әдістемесі. Қазақстан Республикасы Қоршаған орта және су ресурстары министрінің 2014 жылғы 12 маусымдағы №221-Ө бұйрығына қосымша.
25. Қазақстанның электр энергетикасы: негізгі фактілер 2021 KEGOC /<https://www.kegoc.kz/ru/elektroenergetika-kazahstana-klyuchevye-fakty/>.
26. «Электр энергетикасы туралы» Қазақстан Республикасының 2004 жылғы 9 шілдедегі № 588 Заңы. Жаңартылған өзгерістер: 07.12.2020.
27. «KEGOC» АҚ, жүйелік оператордың ҰДО. 2015-2019 жылдардағы Қазақстанның электр энергетикасы саласының жұмысына шолу.
28. Жүйелік оператордың ҰДО. Қазақстан БЭЖ электр станцияларының негізгі жабдықтарының техникалық сипаттамалары альбомы).
29. Ш. Ч. Чокин, Т.С. Сартаев, А.Ф. Шкрет Қазақстан энергетикасы және электрлендіруі. Алма\_Ата, ред. «Ғалым», 1990 ж., 334 б.
30. <http://www.investkz.com/journals/25/415.html/>.
31. [https://kioge.kz/ru/glavnaya/11-press-tsentr/novosti/740-skolko-nefti-v-kazakhstane\](https://kioge.kz/ru/glavnaya/11-press-tsentr/novosti/740-skolko-nefti-v-kazakhstane/).
32. Мұнай қоры бойынша елдер рейтингінде Қазақстан 11-орында тұр. <https://kapital.kz/economic/91610/v-reytinge-stran-po-zapasam-nefti-kazakhstan-na-11-m-meste.html>.
33. Қазақстанның көмір өнеркәсібін дамытудың 2020 жылға дейінгі кезеңге арналған тұжырымдамасы. Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2008 жылғы 28 маусымдағы №44 қаулысы.
34. Қазақстанда көмір өнеркәсібі белсенді дамуда /<https://eenergy.media/2020/06/02/ugolnaya-promyshlennost-aktivno-razvivaetsya-v-kazakhstane/>.

35. И.Н. Шмиголь Ресейдің жылу электр станцияларына арналған түтін газын күкірттен. тазарту. <http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/577/35.pdf?sequence=1&isAllowed>

36. Разва А.С. Дәрістер. «Өнеркәсіптік жылу энергетикасындағы табиғатты қорғау технологиялары», Томск, 2010 ж. [https://portal.tpu.ru/SHARED/r/RAZVA/study/prip/prig/m4\\_0.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/r/RAZVA/study/prip/prig/m4_0.pdf).

37. А. В. Ефимов, М. А. Цейтлин, В.Ф. Райко, А.Л. Гончаренко, В. Я. Горбатенко, Т.А. Есипенко, Энергетика мен химия өндірісіндегі зиянды қосылыстар шығарындыларынан қоршаған ортаны қорғаудың технологиялық әдістері. [http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPIPress/32830/1/Efimov\\_Tekhnologicheskie\\_metody\\_zashchity\\_2017.pdf](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPIPress/32830/1/Efimov_Tekhnologicheskie_metody_zashchity_2017.pdf).

38. «Азот оксидтерінің шығарындыларын азайту» презентациясы. <https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://portal.tpu.ru/SHARED>.

39. Росляков В. П. Стехиометриялық емес жағу <http://osi.ecopower.ru/ru/Documents/attachments/112rus.pdf>.

40. Котлер В. Р. АҚШ-тың көмір электр станцияларында аз уытты жағудың жаңа технологиялары. №4 Жылу энергетикасы, 2000 ж., С. 72-75.

41. Wall fired low NO<sub>x</sub> burner evolution for global NO<sub>x</sub> compliance/ T. Steitz, J. Grusha, R. Cole// The 23rd International Technical Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, Clearwater, Florida, USA, March 9-13, 1998.

42. Котлер В.Р. Қуаты 630 МВт көмір энергетикалық блогын салу кезінде азот оксидтерінің шығарындыларын азайту мәселесін шешу. Жылу энергетикасы №9, 2000 ж., 72-75 б.

43. Л.А. Кесова, В. В. Литовкин, Ю. Н. Побировский, А. Н. Николайчук. ЖЭС қазандықтарының шаң-газ жанарғыларындағы NO<sub>x</sub> эмиссиясын төмендету жолдары. Энергетика: экономика, технология, экология.2009 ж., №2, 58-62 бет.

44. Құйынды оттықтар БТИ. <https://poznayka.org/s63008t1.html> қызықты.

45. Шаңды алдын ала қыздыратын жанарғылар. <https://tesiaes.ru/?p=13179>.

46. ЖЭО-да азот оксидтерінің шығарындыларын азайтудың заманауи технологиялары. <https://www.articlekz.com/article/31766>.

47. В. Р. Котлер Селективті каталитикалық емес қалпына келтіру - Snk<http://osi.ecopower.ru/ru/құжаттар/attachments/1132rus.Pdf>.

48. В. Р. Котлер Селективті каталитикалық қалпына келтіру - SLE /<http://osi.ecopower.ru/ru/Documents/attachments/1131rus.pdf/>.

49. ҚР СТ ISO 14001-2016 «Экологиялық менеджмент жүйелері. Талаптар және қолдану жөніндегі нұсқаулық».

50. Қазақстан Республикасы Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің 2022 жылғы 16 ақпандағы № Қазақстан Республикасының ДСМ-15



бұйрығымен бекітілген» адамға әсер ететін физикалық факторларға қойылатын гигиеналық нормативтер».

51. «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын гигиеналық нормативтерді бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің 2022 жылғы 2 тамыздағы № Қазақстан Республикасының ДСМ-71 бұйрығы. Қазақстан Республикасының Әділет министрлігінде 2022 жылғы 3 тамызда № 29012 болып тіркелді.

52. М. З. Қажымұханов Қазақстанның көмір кен орындарындағы қоспа элементтері, ғылыми жетекшісі профессор С.И. Арбузов, Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті, Томск қаласы.

53. «Қазақстандағы Минамат конвенциясын ратификациялау перспективалары» баяндамасы (авторы Нина Гор, 2017 жылғы 27 наурыз, Мәскеу қ., UNDP жобасы.

54. Богатырь Аксес Көмір «ЖШС 09.12.2019 ж. №01-14-2/4255 хаты.

55. МЕМСТ 25543-88. Тас көмір. Қоңыр көмір. Антрацит. Жалпы техникалық талаптар.

56. МЕМСТ 10585-88 Мұнай отыны. Мазут. Техникалық шарттар.

57. МЕМСТ P54403-2011 «Турбогенераторлардың жетегіне арналған газ турбиналық қондырғылар. Жалпы техникалық шарттар».

58. "Эмиссиялары экологиялық нормалануға жататын ластағыш заттардың тізбесін бекіту туралы" Қазақстан Республикасы Экология, геология және табиғи ресурстар министрінің 2021 жылғы 25 маусымдағы № 212 бұйрығы.

59. НҚӘ 01.01.03-94 Қазақстан Республикасының жер үсті суларын қорғау Ережесі.

60. Кеден одағының «Майлау материалдарына, майларға және арнайы сұйықтықтарға қойылатын талаптар туралы» техникалық регламенті (КО ТР 030/2012).

61. Б.С. Белосельский. Отын және энергетикалық майлар технологиясы. - М.: МЭИ баспасы, 2005.

62. Айналымды қабаты бар қазандықтар/ А.Г. ТуманоСҚЕий, А.Н. Тугов, П.В. Росляков. - М.: МЭИ баспасы, 2014.

63. Көмірді циклшілік газдандырумен энергетикалық бу-газ қондырғылары / А. Г. Тумановский, А. Н. Тугов, П. В. Росляков /М.: МЭИ баспасы, 2014.

64. А. Г. Тумановский, А. Н. Чугаева, О. Н. Брагина және т. б. Жылу энергетикасы кәсіпорындарында, «электр станциялары», 2016 ж., №7 атмосфераны қорғау бойынша ең үздік қолжетімді технологияларды енгізу перспективалары.

65. А. М. Зыков, О.Н. Кулиш және басқалары. Көміртозанды қазандықтардың түтін газдарын тазарту үшін азот оксидтерін селективті каталитикалық емес төмендету технологиясын қолдану пылеугольных котлов. Энергетик, 2012 ж., №4.

66. А. М. Зыков, С. Н. Аничков және басқалар. Кашир МАЭС-нің 330 МВт энергоблогына СКЕҚ қондырғысын енгізу тәжірибесі. Электр станциялары, 2012 ж., № 6.

67. Ф. А. Серант, И. Ю. Белоруцкий, Ю. А. Ершов, В. В. Гордеев, О. И. Ставская, Т. В. Кацель Қожы көп қоңыр көмірді жағу кезінде супер шектен асқан қысым параметрлерімен 660 МВт блокқа арналған шығыршықты оттығы бар қазандық. VIII халықаралық қатысумен Бүкілресейлік конференция «Қатты отынның жануы» С. С. Қутателадзе ат. жылуфизика институты СО РАН, 13-16 қараша 2012.

68. БҚ 153-34.0-43. 302-2001. Энергетикалық кәсіпорындардың технологиялық қажеттіліктеріне пайдаланылған турбиналық және трансформаторлық майларды пайдалану жөніндегі әдістемелік нұсқаулар.

69. В. Б. Тупов Энергетикалық жабдықтан шуды азайту. - М.: МЭИ баспасы, 2005. - 232 б.

70. С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов Жылу электр станцияларының газ турбиналық және бу-газ қондырғылары. 3-ші басылым. м М.: МЭИ, 2009. - 584 Б.

71. А. Д. Трухний Электр станцияларының бу-газ қондырғылары. Жоғары оқу орындарына арналған оқу құралы. ы М.: МЭИ, 2013. - 648 Б.

72. А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний Электр станциялары үшін бу және газ турбиналары. А. Г. Костюк ред. - М.: МЭИ, 2016. И 557 Б.

73. С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. С. Земцов, А. С. Осыка; ред. С. В. Цанева Газтурбиналық энергетикалық қондырғылар: жоғары оқу орындарына арналған оқу құралы ы М.: МЭИ Баспа үйі, 2011. і 428 б.

74. Siemens өнеркәсіптік газ турбиналары [Электрондық ресурс] URL: <http://www.siemens.kz>.

75. Joisten et al., Gas Turbine SCR using SINOx SCR Catalysts Meeting Power Generation and Environmental Needs, 2000.

76. ABB, Combined Cycle Offshore, Profitable with Compact Waste Heat Recovery Units, 2000.

77. ИКЖ 20-2016 «Өнеркәсіптік салқындату жүйелері» ең үздік қолжетімді технологиялары бойынша ақпараттық-техникалық анықтамалық.

78. А.А. Кудинов, С. П. Горланов НК-37 қозғалтқышының жану камерасына су буын бүрку арқылы газ турбиналық қондырғының тиімділігін арттыру // СГАСУ хабаршысы. Қала құрылысы және сәулет. 2014. - Шығ. № 1 (14). 103-109 б.

79. В.В. Даценко, Ю. А. Зейгарник, А. С. Косой Конверсиялық газ турбиналық қозғалтқыштарда экологиялық нормаларды қамтамасыз ету үшін су мен су буын пайдалану тәжірибесі// Жылу энергетикасы, 2014. - №4. - С. 49-56.

80. Е.М. Комаров ЖКД және ГТҚ жану камераларында зиянды заттардың эмиссиясын азайту әдістері/Машина жасау және компьютерлік технологиялар, 2018. - No 05. 9-29 б.

81. С. Г. Кобзар, А. А. Халатов Түтін газдарын рециркуляциялау әдісімен газ қазандықтарындағы азот оксидтерінің шығарындыларын азайту/Өнеркәсіптік техника, 2009. - Т.31, № 4. - 5-11 б.

82. Parashuram Bedar, G. N. Kumar Exhaust Gas Recirculation (EGR) - Effective way to reduce NO<sub>x</sub> emissions//Journal of Mechanical Engineering and Biomechanics, 2016. - Vol. 1, Issue 2, P. 69-73.

83. П. М. Канило, А. М. Подгорный, В. А. Христинич Көмірсутекті отын мен сутекті пайдалану кезіндегі ГТҚ энергетикалық және экологиялық сипаттамалары/Ғылым және техникалық прогресс-Киев: Наук, думка, 1987. - 224 б.

84. Электр энергетикасындағы заманауи табиғатты қорғау технологиялары: Ақпараттық жинақ / В.Я. Путилов в М.: МЭИ Баспа үйі, 2007-388 б.: ил.

85. В. И. Трёмбовля, Е. Д. Фингер, А. А. Авдеева Қазандық қондырғыларын жылу-техникалық сынау, М. «Энергия», 1991. -416 Б.; ил.

86. Цхяев А. Д., ҚҚзьмина Т. Г. ГТҚ компрессорына//турбиналар мен дизельдерге кіретін ауаны салқындату жүйелерінде АБТМ қолдану. Қыркүйек-Қазан 2015. 10-13 б.

87. Наши Шахин, Хасан АҚҚл-Friterm А. S. Газ турбиналық қондырғылардың кіреберісіндегі ауаны салқындату жүйелері // турбиналар мен дизельдер. Наурыз-Сәуір 2011. 8-11 б.

88. Патент: басқару жүйелері және турбиналық қозғалтқышқа су құю әдістері. General Electric / нөмірі: АҚШ 6,553,753 В1, күні: 29/04/2003, <https://patents.google.com/patent/US6553753>.

89. Sanjeev Jolly, P.E. «Wet compression - a powerful means of enhancing combustion turbine capacity» Presented at Power-Gen International, Orlando, Florida, December 10-12, 2002.

90. Gas Turbine Inlet Air Cooling Wet Compression. Boost Power with the cost- effective MeeFog System. Mee Industries Inc. 2015. 9 pp.

91. Достияров А. М., Умышев Д. Р., Катранова Г. С. Яманбекова А. К. Жану камералары және газ турбиналық қондырғылардың жанарғылары. - Астана: С. Сейфуллин ат. КАТУ, 2017. - 205 б.

92. Азот оксидтерінің түзілу процестерін сандық модельдеу/ Достияров А.М., Кибарин А. А., Умышев д. р., Катранова г. С.// АЭЖБУ хабаршысы. - 2018. - № 4(2)(43 ). - С. 13-18.

93. А.М. Достияров, М. Е. Туманов, Д. Р. Умышев Микрофакельді саптамалары бар жанарғыларды эксперименттік зерттеу// ҚазҰТУ хабаршысы. - 2016. - №1. -174-182 б.

94. Dias R. Umyshev, Abay M. Dostiyarov, Musagul Y. Tumanov, Quiwang Wang. Experimental investigation of v-gutter flameholders// Thermal Science. - 2017. Vol.21, № 2. - P. 1011-1019.

95. Достияров А.М., Кибарин А.А., Тютөбаева Г.М., Катранова Г.С., Ожикенова Ж.Ф., Садыкова С.Б. Жану камералары және микрофакельді құрылғылар. - Алматы: Ғ.Дәукеев ат. АУЭС, 2020. - 190 б.

96. Combustion chambers and burners of gas turbines: monograph / Dostiyarov A.M., Kibarin A.A, Katranova G.S., Yamanbekova A.K. - M.: Publishing House of the MAcademy Natural History”, 2020. - 175 p.

97. Қазақстан Республикасының СТ МЕМСТ 8.577-2010. Табиғи газдың жануының көлемдік (энергия) жылуы. Анықтау әдістеріне қойылатын жалпы талаптар.

98. МЕМСТ 147-2013. Мемлекетаралық стандарт. Қатты отын. Жанудың жоғары жылуын анықтау әдісі және жанудың төменгі жылуын есептеу.

99. МЕМСТ 2408.1-95. (ИСО 625-75) Мемлекетаралық стандарт. Қатты отын. Көміртек пен сутекті анықтау әдістері.

100. МЕМСТ 8606-2015. (ИСО 334:2013) Мемлекетаралық стандарт. Қатты минералды отын. Жалпы күкіртті анықтау. Эшка Әдісі.

101. МЕМСТ 9516-92. (ИСО 331-83) Мемлекетаралық стандарт. Көмір. Аналитикалық сынамадағы ылғалды тікелей таразымен анықтау әдісі.

102. МЕМСТ 10742-71. Мемлекетаралық стандарт. Көмір қоңыр, тас көмір, антрацит, тақтатас және көмір брикеттері. Зертханалық сынау үшін сынамаларды іріктеу және дайындау әдістері.

103. МЕМСТ ISO 1171-2012 Мемлекетаралық стандарт. Қатты минералды отын. Күлділігін анықтау әдістері.

104. МЕМСТ 1437-75. Мемлекетаралық стандарт. Қара түсті мұнай өнімдері. Күкіртті анықтаудың жеделдетілген әдісі.

105. МЕМСТ 1461-75. Мемлекетаралық стандарт. Мұнай және мұнай өнімдері. Күлділігін анықтау әдістері.

106. МЕМСТ 2477-2014. Мемлекетаралық стандарт. Мұнай және мұнай өнімдері. Судың құрамын анықтау әдісі.

107. МЕМСТ 2517-2012. Мемлекетаралық стандарт. Мұнай және мұнай өнімдері. Сынама алу әдісі.

108 МЕМСТ 21261-91. Мемлекетаралық стандарт. Мұнай өнімдері. Жанудың жоғары жылуын анықтау әдісі және жанудың төменгі жылуын есептеу. 13. МЕМСТ 17310-2002. Мемлекетаралық стандарт. Газдар. Тығыздықты анықтаудың пикнометриялық әдісі.

109. Қазақстан Республикасының СТ ИСО 6976-2004 Табиғи газ. Қоспаның калориялық құндылығын, тығыздығын, салыстырмалы тығыздығын және воббе индексін есептеу.

110. Қазақстан Республикасының СТ ИСО 10715-2004 Табиғи газ. Сынама алу әдістері.

111. МЕМСТ 31370-2008 Мемлекетаралық стандарт. Табиғи газ. Сынамаларды іріктеу жөніндегі нұсқаулық.

112. МЕМСТ 11055-78. Мемлекетаралық стандарт. Көмір қоңыр, тас көмір және антрацит. Күлді анықтаудың радиациялық әдістері.













Ақша ағындарын есептеу	Өлшем бірлігі	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
<b>Егер А кәсіпорымы жоғарыда аталған ЕҚТ енгізе се, ақшаның көтуі</b>														
Коэффициенттерді ескере отырып, СК сыймас шығарындар үшін төлемдер	төнге	233 360 000	256 080 000	267 600 000	553 920 000	576 076 800	599 119 872	1 246 169 334	1 296 016 107	1 347 856 751	2 803 542 043	2 915 683 725	3 032 311 074	
Ақша ағындарының жиынтығы		233 360 000	256 080 000	267 600 000	553 920 000	576 076 800	599 119 872	1 246 169 334	1 296 016 107	1 347 856 751	2 803 542 043	2 915 683 725	3 032 311 074	
<b>Егер А кәсіпорымы жоғарыда аталған ЕҚТ енгізе се, ақшаның көтуі</b>														
Мүлік салығы	төнге	4 910 347	4 705 750	4 296 554	3 887 358	3 478 163	3 068 967	2 659 772	2 250 576	2 161 115	1 991 721	1 422 658	853 595	
Коэффициенттерді ескере отырып, СК сыймас шығарындар үшін төлемдер	төнге	35 004 000	38 412 000	40 140 000										
Ақша ағындарының жиынтығы		39 914 347	43 117 750	44 436 554	3 887 358	3 478 163	3 068 967	2 659 772	2 250 576	2 161 115	1 991 721	1 422 658	853 595	
ЕҚТ енгізуді есепке алғанда А кәсіпорымының ақша ағындары	төнге	(233 360 000)	(256 080 000)	(267 600 000)	(553 920 000)	(576 076 800)	(599 119 872)	(1 246 169 334)	(1 296 016 107)	(1 347 856 751)	(2 803 542 043)	(2 915 683 725)	(3 032 311 074)	
ЕҚТ енгізуді ескере отырып, А кәсіпорымының ақша ағындары	төнге	(327 358 494)	(39 914 347)	(43 117 750)	(44 436 554)	(3 887 358)	(3 478 163)	(3 068 967)	(2 659 772)	(44 881 889)	(2 161 115)	(1 991 721)	(1 422 658)	(853 595)
КТС өсе басы ақша ағындарының айырмашылығы	төнге	(327 358 494)	193 445 653	212 962 250	223 163 446	550 032 642	572 598 637	596 050 905	1 243 509 562	1 251 134 218	1 345 495 636	2 801 550 322	2 914 261 067	3 031 457 479
<b>Қосымша ағынды есептеу</b>														
ЕҚТ енгізілгеннен кейін пайда болған "үнемдеу"	төнге	193 445 653	212 962 250	223 163 446	550 032 642	572 598 637	596 050 905	1 243 509 562	1 251 134 218	1 345 495 636	2 801 550 322	2 914 261 067	3 031 457 479	
Амортизация	төнге	(27 279 708)	(27 279 708)	(27 279 708)	(27 279 708)	(27 279 708)	(27 279 708)	(27 279 708)	(27 279 708)	(27 279 708)	(37 937 536)	(37 937 536)	(37 937 536)	(37 937 536)
КТС үшін салым салу бажысы	төнге	166 165 945	185 682 543	195 883 738	522 752 934	545 318 929	568 771 197	1 216 229 854	1 223 854 510	1 307 758 100	2 763 612 786	2 876 323 531	2 993 519 943	
КТС төлемі (20%)	төнге	(32 323 189)	(37 136 509)	(39 176 748)	(104 550 587)	(109 065 788)	(113 754 239)	(243 245 971)	(244 770 902)	(261 551 620)	(552 722 557)	(575 264 706)	(598 703 989)	
КТС-тен шығатын ақша ағылымының өсуі	төнге	(327 358 494)	160 212 464	175 925 742	183 986 698	445 482 055	463 534 851	482 296 665	1 000 263 591	1 006 363 316	1 084 144 016	2 248 827 765	2 338 996 361	2 432 753 490
<b>ЕҚТ енгізу жобасының экономикасы</b>														
КТС-тен шығатын ақша ағылымының өсуі	төнге	(327 358 494)	160 212 464	175 925 742	183 986 698	445 482 055	463 534 851	482 296 665	1 000 263 591	1 006 363 316	1 084 144 016	2 248 827 765	2 338 996 361	2 432 753 490
Құрылыс-өндіріс ақша ағыны	төнге	(327 358 494)	(167 144 030)	8 681 712	192 668 410	63 815 465	1 101 685 316	1 583 981 982	2 584 245 573	3 590 608 889	4 674 752 906	6 923 580 671	9 262 577 031	11 695 330 522
Вену инвестиция жаладан қалдығы	фактор	-	-	1,0	0,0	0,4	1,4	2,3	1,6	2,6	3,3	2,1	3,0	3,8
Жобаның экономикалық көрсеткіштері:	Өлшем бірлігі	Міні												
NPV	төнге	4 427 903 001												
IRR	%	75%												
Өтеу мерзімі	жыл	3,0												

Ұсынылған ЕҚТ «қолжетімді» және инвестициялық тартымды болып саналады, кірістілігі 75 % қосымша ақша ағымының негізінде есептеледі.

© 2012. Қазақстан Республикасы Әділет министрлігінің «Қазақстан Республикасының Заңнама және құқықтық ақпарат институты» ШЖҚ РМК