

## Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Добыча и обогащение угля"

Постановление Правительства Республики Казахстан от 27 декабря 2023 года № 1201

В соответствии с пунктом 6 статьи 113 Экологического кодекса Республики Казахстан Правительство Республики Казахстан **ПОСТАНОВЛЯЕТ**:

1. Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам "Добыча и обогащение угля".

2. Настоящее постановление вводится в действие со дня его подписания.

*Премьер-Министр  
Республики Казахстан А. Смаилов*

Утвержден  
постановлением Правительства  
Республики Казахстан  
от 27 декабря 2023 года № 1201

### Справочник по наилучшим доступным техникам "Добыча и обогащение угля"

#### Оглавление

- Оглавление
- Список схем/рисунков
- Список таблиц
- Глоссарий
- Предисловие
- Область применения
- Принципы применения
- 1. Общая информация
- 1.1. Структура и технологический уровень отрасли
- 1.2. Основные экологические проблемы
- 1.2.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух
- 1.2.2. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты
- 1.2.3. Образование и управление отходами производства
- 1.2.4. Факторы физического воздействия
- 1.2.5. Воздействие при ликвидации и рекультивации
- 1.3. Потребление энергетических и сырьевых ресурсов
- 1.3.1. Потребление сырьевых ресурсов

- 1.3.2. Потребление энергетических ресурсов
2. Методология определения наилучших доступных техник
  - 2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ
  - 2.2. Критерии отнесения техник к НДТ
  - 2.3. Экономические аспекты внедрения НДТ
    - 2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ
    - 2.3.2. Способы экономической оценки НДТ
    - 2.3.3. Соотношение затрат и ключевых показателей предприятия
    - 2.3.4. Прирост себестоимости на единицу продукции
    - 2.3.5. Соотношение затрат и экологического результата
    - 2.3.6. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду
    - 2.3.7. Расчет на установке
3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время
  - 3.1. Добыча угля открытым способом
    - 3.1.1. Подготовка карьерного поля к разработке
    - 3.1.2. Снятие и складирование плодородного слоя почвы
    - 3.1.3. Вскрытие и система разработки карьерного поля
    - 3.1.4. Вскрышные и добычные работы
    - 3.1.5. Буровзрывные работы (подготовка горных пород к выемке)
    - 3.1.6. Выемочно-погрузочные работы (экскавация)
    - 3.1.7. Транспортировка горной массы и карьерных грузов
    - 3.1.8. Отвалообразование и складирование
      - 3.1.8.1. Обращение со вскрышными породами
      - 3.1.8.2. Складирование и отгрузка угля
    - 3.1.9. Карьерный водоотлив, осушение, водоотведение и водоснабжение
  - 3.2. Добыча угля подземным способом
    - 3.2.1. Вскрытие, подготовка и система разработки шахтного поля
    - 3.2.2. Проведение горных выработок
      - 3.2.2.1. Буровзрывной способ проведения горных выработок
      - 3.2.2.2. Проведение горных выработок с помощью проходческих комбайнов
    - 3.2.3. Бурение скважин и шпуров
    - 3.2.4. Крепление горных выработок
    - 3.2.5. Выемка угля из очистного забоя (добычные работы)
    - 3.2.6. Поддержание выработанного пространства и управление горным давлением
    - 3.2.7. Шахтный транспорт
    - 3.2.8. Рудничная вентиляция и дегазация угольных пластов
    - 3.2.9. Складирование угля и отходов производства
    - 3.2.10. Шахтный водоотлив

### 3.3. Обогащение

#### 3.3.1. Прием угля

#### 3.3.2. Подготовительные процессы

#### 3.3.3. Гравитационное обогащение

##### 3.3.3.1. Обогащение в тяжелых средах

##### 3.3.3.2. Отсадка

##### 3.3.3.3. Отсадочные машины

##### 3.3.3.4. Обогащение в наклонно текущем потоке

#### 3.3.4. Флотация

#### 3.3.5. Специальные методы обогащения

##### 3.3.5.1. Электрическая сепарация

##### 3.3.5.2. Масляная агломерация (грануляция)

##### 3.3.5.3. Магнитное и электромагнитное обогащение

#### 3.3.6. Обезвоживание

#### 3.3.7. Брикетирование

### 3.4. Складирование продукции производства

### 3.5. Контроль качества продукции

### 3.6. Управление эмиссиями

### 3.7. Управление отходами производства

4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов

#### 4.1. Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды

4.2. Внедрение систем автоматизированного контроля и управления в технологическом процессе

4.2.1. Автоматизированные системы управления горнотранспортным оборудованием

4.2.2. Автоматизированные системы управления технологическим процессом

4.2.3. Автоматизированные системы управления процессами обогащения

4.3. Внедрение систем экологического менеджмента

4.4. Внедрение систем энергетического менеджмента

4.5. Мониторинг эмиссий

4.5.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

4.5.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты

4.6. Проведение ППР и технического обслуживания оборудования и техники

4.7. Управление отходами

4.8. Снижение уровней физического воздействия

4.9. Рекультивация нарушенных земель

4.10. Управление технологическими остатками

5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник

## 5.1. НДТ в области энерго- и ресурсосбережения

5.1.1. Применение ЧРП на различном оборудовании (конвейерное, вентиляционное, насосное и т. д.)

5.1.2. Применение энергосберегающих осветительных приборов

5.1.3. Применение электродвигателей с высоким классом энергоэффективности

5.1.4. Применение устройств компенсации реактивной мощности, а также фильтро-компенсирующих устройств, для фильтрации высших гармоник и компенсации реактивной мощности в электрических сетях предприятий

5.2. НДТ для технологических процессов открытой и подземной добычи, обогащения

5.2.1. НДТ производственного процесса добычи угля

5.2.2. НДТ производственного процесса обогащения угля

5.2.2.1. Техника обогащения в тяжелых средах (жидкостях и суспензиях)

5.2.2.2. Техника отсадки

5.2.2.3. Техника обогащения в струе воды, текущей по наклонной плоскости (концентрационные столы)

5.2.2.4. Техника сухого обогащения

5.2.2.5. Техника противоточной сепарации

5.2.2.6. Техника обогащения необесшламленных углей

5.2.2.7. Техники обезвоживания

5.2.2.8. Техники брикетирования

5.2.2.9. Техника использования грохотов с высокой удельной производительностью для мокрого грохочения с полиуретановыми панелями при классификации

5.2.2.10. Техника использования угольных вертикальных мельниц

5.2.2.11. Техники флотации угольных шламов

5.2.2.12. Специальные техники обогащения

5.2.3. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов при проведении буровзрывных работ в разрезах и шахтах

5.2.3.1. Позиционирование буровых станков в реальном времени с применением системы контроля параметров высокоточного бурения

5.2.3.2. Внедрение методов снижения пылеобразования с применением технической воды и различных активных средств для связывания пыли

5.2.3.3. Оснащение буровой техники средствами эффективного пылеподавления и пылеулавливания

5.2.3.4. Сокращение пылегазовыделения при взрывных работах за счет технологических, организационных и инженерно-технических мероприятий

5.2.4. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов при процессах проведения выработок и добычи угля подземным способом

5.2.4.1. Пылеподавление в очистном и подготовительном забое

- 5.2.4.2. Пылеулавливание и орошение пылящих поверхностей для связывания пыли
  - 5.2.4.3. Обеспыливающее проветривание
  - 5.2.4.4. Управление содержанием метана в горных выработках
  - 5.2.4.5. Извлечение и утилизация метана угольных пластов
  - 5.2.5. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях
  - 5.2.6. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение неорганизованных выбросов при хранении угля и продуктов его переработки
    - 5.2.6.1. Укрепление откосов ограждающих дамб хвостохранилищ
    - 5.2.6.2. Рекультивация пылящих поверхностей
    - 5.2.6.3. Предупреждение самовозгорания угля и породных отвалов
    - 5.2.6.4. Устройство лесозащитной полосы по границе земельного отвода вдоль отвалов рыхлой вскрыши (посадка деревьев)
    - 5.2.6.5. Использование отходов полиэтилена и полипропилена с последующей температурной обработкой до сплавления с поверхностью хвосто- и шламоохранилища
    - 5.2.6.6. Использование ветровых экранов
    - 5.2.6.7. Противодействие смерзанию угля
  - 5.2.7. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов от организованных источников выбросов
    - 5.2.7.1. Применение камер гравитационного осаждения
    - 5.2.7.2. Применение циклонов
    - 5.2.7.3. Применение электрофильтров
    - 5.2.7.4. Применение мокрых газоочистителей
    - 5.2.7.5. Применение рукавных фильтров
    - 5.2.7.6. Применение фильтров с импульсной очисткой
  - 5.2.8. НДТ, направленные на предотвращение и снижение сбросов сточных вод
    - 5.2.8.1. Управление водным балансом горнодобывающего предприятия
    - 5.2.8.2. Снижение водоотлива карьерных и шахтных вод
- 259
- 5.2.8.4. Очистка ливневых и производственных вод
    - 5.2.8.4.1. Осветление и отстаивание
    - 5.2.8.4.2. Фильтрация
    - 5.2.8.4.3. Коагуляция, флокуляция
    - 5.2.8.4.4. Химическое осаждение
    - 5.2.8.4.5. Сорбция
    - 5.2.8.4.6. Нейтрализация
    - 5.2.8.4.7. Окисление
    - 5.2.8.4.8. Ионный обмен

#### 5.2.8.4.9. Обеззараживание сточных вод

### 5.2.9. НДТ, направленные на управление и сокращение воздействия производственных отходов

#### 5.2.9.1. Использование отходов для закладки выработанного пространства

#### 5.2.9.2. Использование угольных шламов в качестве добавки к продукции

#### 5.2.9.3. Использование отходов угледобычи в качестве строительных материалов и вторичного сырья

286

#### 5.2.9.5. Использование керамических вакуум-фильтров для обезвоживания отходов обогащения

### 6. Заключение, содержащее выводы по НДТ

#### 6.1. Общие НДТ

##### 6.1.1. Система экологического менеджмента

##### 6.1.2. Управление энергопотреблением

##### 6.1.3. Управление процессами

##### 6.1.4. Мониторинг выбросов

##### 6.1.5. Мониторинг сбросов

##### 6.1.6. Физическое воздействие

#### 6.2. Неорганизованные выбросы

#### 6.3. Организованные выбросы

##### 6.3.1. Выбросы пыли

#### 6.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод

#### 6.5. Управление отходами

#### 6.6. Требования по ремедиации

### 7. Перспективные техники

#### 7.1. Перспективные техники в области добычи угля открытым и подземным способом

##### 7.1.1. Беспилотная техника

##### 7.1.2. Беспилотные тяговые агрегаты

##### 7.1.3. Автосамосвалы на альтернативных источниках энергии

##### 7.1.4. Автоматизированная система управления буровыми работами и зарядными машинами

##### 7.1.5. Применение систем высокоточного позиционирования ковша для забойных экскаваторов

##### 7.1.6. Применение беспилотных летательных аппаратов для производства маркшейдерских работ

##### 7.1.7. Автоматизация процессов добычных работ в подземных условиях

##### 7.1.8. Высокопроизводительная проходка горных выработок

##### 7.1.9. Использование сплавов и износостойких материалов

7.1.10. Автоматизированный аппаратный контроль состояния ствола, подъемных сосудов, канатов

7.1.11. Интеллектуальный карьер

7.1.12. Цифровизация управления процессами железнодорожной перевозки горной массы

7.2. Перспективные техники глубокой переработки углей

7.2.1. Пиролиз

7.2.2. Гидрогенизация

7.2.3. Газификация углей

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Библиография

### **Список схем/рисунков**

Рисунок 1.1. Страны-лидеры по добыче каменного угля в мире в 2020 г. (в миллионах метрических тонн)

Рисунок 1.2. Основные источники и виды загрязнения атмосферы при производстве горных работ

Рисунок 1.3. Текущее состояние отрасли Республики Казахстан

Рисунок 3.1. Общая схема технологического процесса при добыче угля открытым способом.

Рисунок 3.2. Буровые станки, используемые на разрезах

Рисунок 3.3. Виды экскаваторов, применяемых на открытых горных разработках

Рисунок 3.4. Основные виды транспортировки вскрышных пород и угля

Рисунок 3.5. Общая схема технологических процессов при добыче угля подземным способом.

Рисунок 3.6. Буровые установки

Рисунок 3.7. Общая схема технологического процесса обогащения угля

Рисунок 3.8. Схема принципа работы пневматической флотации

Рисунок 3.9. Технологическая схема производства брикетов, используемых как энергетическое топливо

Рисунок 3.10. Классификация методов очистки воды

Рисунок 5.1. Сравнение обычного электродвигателя с энергоэффективным

Рисунок 5.2. Типовая схема централизованной компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях на шинах РУ 6 – 10 кВ.

Рисунок 5.3. Типовая схема групповой компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях на шинах РУ цеховых ТП 6 – 10/0,4 кВ.

Рисунок 5.4. Пневматический сепаратор FGX (КНР)

Рисунок 5.5. Пневматический сепаратор ПВС-1,4 (Украина)

Рисунок 5.6. Конструктивная схема и принцип работы сепаратора типа FGX

Рисунок 5.7. Сухое обогащение угля КАТ-Table

Рисунок 5.8. Концентратор Dove (DC-500)

Рисунок 5.9. Схема оборудования для обогащения мелкого класса угля в двух последовательно установленных двухпродуктовых гидроциклонах

Рисунок 5.10. Промышленная Декантерная центрифуга

Рисунок 5.11. Технологическая схема производства угольных брикетов

Рисунок 5.12. Схема грохота

Рисунок 5.13. Схема измельчения и принципиальное устройство вертикальной мельницы

Рисунок 5.14. Описание комплектующих мельницы Vertimill

Рисунок 5.15. Оборудование, установленное в кабине бурового станка и интерфейс программы

Рисунок 5.16. Движение воздушно-водяной смеси при мокром методе пылеподавления

Рисунок 5.17. Схема движения воды при мокром бурении скважин и шпуров ручными перфораторами

Рисунок 5.18. Схема пылеулавливающей установки

Рисунок 5.19. Модель движения воздушно-пылевой смеси в укрытии при использовании полок

Рисунок 5.20. Отклоняющие пылевой поток полки в ограждении

Рисунок 5.21. Генератор тумана, используемый для снижения пыли в забое

Рисунок 5.22. Воздухоочистительная установка, размещенная на сопряжении у устья выработки по ходу вентиляционной струи

Рисунок 5.23. Воздухоочистительная установка, размещенная в забое выработки

Рисунок 5.24. Типичная скважина, подготовленная к проведению взрыва

Рисунок 5.25. Объемная схема интегрированной системы орошения (на примере JOY 7LS)

Рисунок 5.26. Система встроенного пылеудаления проходческого комбайна Sandvik MB670-1LN

Рисунок 5.27. Технологическая схема извлечения и утилизации метана

Рисунок 5.28. Установка дисперсионной системы пылеподавления (УДС).

Рисунок 5.29. Ветрозащитные экраны.

Рисунок 5.30. Схема горизонтальной осадительной системы

Рисунок 5.31. Жалюзийный пылеотделитель

Рисунок 5.32. Схема устройства электрофильтра (показаны только две зоны)

Рисунок 5.33. Радиальный мокрый скруббер

Рисунок 5.34. Конструкция рукавного фильтра

Рисунок 5.35. Горизонтальный отстойник

Рисунок 5.36. Схема песчаного фильтра



- Рисунок 5.37. Схема процессов коагуляции и флокуляции  
Рисунок 5.38. Основные типы угольных шламов  
Рисунок 5.39. Рамные пресс-фильтры  
Рисунок 5.40. Керамический вакуум-фильтр  
Рисунок 7.1. Мировой опыт внедрения беспилотных технологий  
Рисунок 7.2. Схема управления беспилотными автосамосвалами  
Рисунок 7.3. Кабина оператора беспилотного БЕЛАЗа  
Рисунок 7.4. Карьерный самосвал Siemens – троллейвоз  
Рисунок 7.5. 3D-проект карьерного самосвала БЕЛАЗ на аккумуляторных батареях  
Рисунок 7.6. 3D-проект дизель-троллейвоза БЕЛАЗ  
Рисунок 7.7. Схема автоматизированной системы управления буровыми работами  
Рисунок 7.8. Схема автоматизированной системы высокоточного позиционирования ковша экскаватора  
Рисунок 7.9. Беспилотный летательный аппарат на разрезе  
Рисунок 7.10. Система автоматизированного мониторинга каната

#### **Список таблиц**

- Таблица 1.1. Потребление сырья, материалов, энергетических и водных ресурсов  
Таблица 2.1. Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды [14].  
Таблица 2.2. Ориентировочные справочные затраты на внедрение технологии из расчета на единицу массы загрязняющего вещества  
Таблица 3.1. Основные этапы технологического процесса добычи угля открытым способом  
Таблица 3.2. Общие сведения о технологии отработки и типах применяемого оборудования на разрезах по добыче угля  
Таблица 3.3. Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по предприятиям, прошедшим КТА в разрезе технологических процессов (т/г)  
Таблица 3.4. Объемы образования вскрышной породы, тысяч тонн  
Таблица 5.1. Технические характеристики вертикальных мельниц  
Таблица 5.2. Влияние подпорной стенки на показатели взрывания пород  
Таблица 5.3. Расход солей для гидрозабойки при отрицательных температурах воздуха  
Таблица 5.4. Параметры циклонов ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24  
Таблица 5.5. Эффективность очистки газа в циклоне  
Таблица 5.6. Эффективность очистки и уровни выбросов, связанные с использованием электрофильтров  
Таблица 5.7. Сравнение различных систем рукавных фильтров  
Таблица 6.1. Периоды усреднения уровней выбросов/сбросов связанные с НДТ

Таблица 6.2. Технологические показатели выбросов пыли при процессах, связанных с дроблением, грохочением, транспортировкой, хранением

Таблица 6.3. Технологические показатели сбросов при сбросах карьерных и шахтных сточных вод при добыче угля, поступающих в поверхностные водные объекты

## Глоссарий

Настоящий глоссарий предназначен для облегчения понимания информации, содержащейся в настоящем справочнике по наилучшим доступным техникам "Добыча и обогащение угля" (далее – справочник по НДТ). Определения терминов в этом глоссарии не являются юридическими определениями (даже если некоторые из них могут совпадать с определениями, приведенными в нормативных правовых актах Республики Казахстан).

Глоссарий представлен следующими разделами:

- термины и их определения;
- аббревиатуры и их расшифровка;
- единицы измерения.

## Термины и их определения

В настоящем справочнике по НДТ используются следующие термины:

комбинированная разработка	-	разработка месторождения полезных ископаемых с применением подземных и открытых горных выработок;
открытая разработка	-	разработка месторождения полезных ископаемых с применением открытых горных выработок;
справочник по наилучшим доступным техникам	-	документ, являющийся результатом соответствующего обмена информацией между заинтересованными сторонами, разработанный для определенных видов деятельности и включающий уровни эмиссий, объемов образования, накопления и захоронения основных производственных отходов, уровни потребления ресурсов и технологические показатели, связанные с применением наилучших доступных техник, а также заключения, содержащее

			<p>выводы по наилучшим доступным техникам и любые перспективные техники;</p> <p>разработка месторождения полезных ископаемых с применением подземных горных выработок;</p> <p>горизонтальная или наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и проведенная по вмещающим породам вкрест простирания или под некоторым углом к линии простирания месторождения и используемая для транспортирования полезного ископаемого, вентиляции, передвижения людей, водоотлива, для прокладки электрических кабелей и линий связи;</p> <p>система, при которой отсутствует какой-либо вид транспорта, а перемещение вскрышных пород осуществляется самим выемочным оборудованием и применяется при отработке относительно пологозалегающих залежей при небольшой мощности покрывающих пород;</p> <p>часть шахтного поля, расположенная между соседними откаточным и вентиляционным горизонтами;</p> <p>стационарный источник эмиссий, расположенный на действующем объекте (предприятие) и введенный в эксплуатацию до введения в действие настоящего справочника по НДТ. К действующим установкам не относятся реконструируемые и (или) модернизированные установки после введения в действия настоящего справочника по НДТ.</p> <p>совокупность окружающих человека условий, веществ и объектов материального мира, включающая в себя природную среду и антропогенную среду;</p>
подземная разработка	-		
квершлаг	-		
бестранспортная система разработки	-		
этаж	-		
действующая установка	-		
окружающая среда	-		

воздействие на окружающую среду	-	любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов организации;
основные производственные отходы	-	наиболее значимые для конкретного вида производства или технологического процесса отходы, с помощью которых возможно оценить значение основного негативного воздействия на окружающую среду;
рекуперация	-	возвращение части материала или энергии, расходуемых при проведении того или иного технологического процесса, для повторного использования в том же процессе;
технологические показатели	-	уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник, выраженные в виде предельного количества (массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий (мг/Нм <sup>3</sup> , мг/л) и (или) количества потребления электрической и (или) тепловой энергии, иных ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник, описанных в заключении по наилучшим доступным техникам, с учетом усреднения за определенный период времени и при определенных условиях;
шахта	-	производственная единица горного предприятия, осуществляющая добычу полезных ископаемых подземными горными работами; вертикальная, реже наклонная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и

шахтный ствол	-	предназначенная для обслуживания подземных работ в пределах шахтного поля, его крыла или блока; вскрывающая горная выработка, пройденная с поверхности к месторождению и
штольня	-	предназначенная для транспортирования полезного ископаемого или вспомогательных целей; горизонтальная или с углом наклона обычно не более 3° выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и
штрек	-	проведенная по простиранию наклонно залегающего месторождения полезного ископаемого или в любом направлении – при горизонтальном его залегании; документ, удостоверяющий право индивидуальных предпринимателей и юридических лиц на осуществление негативного воздействия на окружающую среду и определяющий экологические условия осуществления деятельности;
экологическое разрешение	-	прямой или опосредованный выпуск в воздушную, водную среду или на земную поверхность веществ, вибрации, высоких температур или шума, возникающих из точечных или рассеянных источников, имеющих в установке.
эмиссия	-	

## Аббревиатуры и их расшифровка

АСУ	—	Автоматизированные системы управления
АО	—	Акционерное общество
ПАВ	—	Поверхностно-активные вещества
НДТ	—	Наилучшая доступная техника
ЕС	—	Европейский союз
ППР	—	Планово-предупредительный ремонт
ГСМ	—	Горюче-смазочные материалы
БВР	—	Буровзрывные работы

ТОО	–	Товарищество с ограниченной ответственностью
ТЭЦ	–	Тепловая электростанция
ДВС	–	Двигатель внутреннего сгорания
КТА	–	Комплексный технологический аудит
ОС	–	Окружающая среда
ВВ	–	Взрывчатое вещество
НПА	–	Нормативно правовые акты
ТЭР	–	Топливо-энергетические ресурсы
КПД	–	Коэффициент полезного действия
ЧРП	–	Частотно регулируемый привод
СУЭК	–	Сибирская угольная энергетическая компания
ТРГ	–	Техническая рабочая группа
ГОК	–	Горно-обогатительный комбинат
ПСП	–	Плодородный слой почвы
ПДК	–	Предельно-допустимая концентрация
ЭВВ	–	Эмульсионное взрывчатое вещество
СЭМ	–	Система экологического менеджмента
СЭнМ	–	Система энергетического менеджмента
ЭФ	–	Электрофильтр
ЭЭ	–	Электроэнергия

## Единицы измерения

Символ единицы измерения	Название единиц измерения	Наименование измерения (символ измерения)	Преобразование и комментарии
бар	бар	Давление (Д)	1.013 бар = 100 кПа = 1 атм
°С	градус Цельсия	Температура (Т) Разница температур (РТ)	
г	грамм	Масса	
ч	час	Время	
К	Кельвин	Температура (Т) Разница температур (АТ)	0 °С = 273.15 К
кг	килограмм	масса	
кДж	килоджоуль	Энергия	
кПа	килопаскаль	Давление	
кВт ч	киловатт-час	Энергия	1 кВт ч = 3 600 кДж
л	литр	Объем	

м	метр	Длина	
м <sup>2</sup>	квадратный метр	Площадь	
м <sup>3</sup>	кубический метр	Объем	
мг	миллиграмм	Масса	1 мг = 10 <sup>-3</sup> г
мм	миллиметр		1 мм = 10 <sup>-3</sup> м
МВт	мегаватт тепловой мощности	Тепловая мощность Теплоэнергия	
Нм <sup>3</sup>	нормальный кубический метр	Объем	при 101.325 кПа, 273.15 К
Па	паскаль		1 Па = 1 Н/м <sup>2</sup>
част/млрд.	частей на миллиард	Состав смесей	1 част/млрд = 10 <sup>-9</sup>
част/млн	частей на миллион	Состав смесей	1 част/млн = 10 <sup>-6</sup>
об/мин	число оборотов в минуту	Скорость вращения, частота	
т	метрическая тонна	Масса	1 т = 1 000 кг или 10 <sup>6</sup> г
т/сут	тонн в сутки	Массовый расход Расход материала	
т/год	тонн в год	Массовый расход Расход материала	
об%	процентное соотношение по объему	Состав смесей	
кг-%	процентное соотношение по весу	Состав смесей	
Вт	ватт	Мощность	1 Вт = 1 Дж/с
В	вольт	Напряжение	1 В = 1 Вт/1 А (А - Ампер, сила тока)

## Предисловие

### **Краткое описание содержания справочника по наилучшим доступным техникам: взаимосвязь с международными аналогами**

Справочник по НДТ разработан в целях реализации Экологического кодекса Республики Казахстан (далее – Экологический кодекс).

Разработка справочника по НДТ проводилась в соответствии с порядком определения технологии в качестве наилучшей доступной техники, разработки, актуализации и опубликования справочников по наилучшим доступным техникам, а также согласно правилам разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам, утвержденным постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 (далее - Правила).

Перечень областей применения наилучших доступных техник утвержден в приложении 3 к Экологическому кодексу.

При разработке справочника по НДТ учтен наилучший мировой опыт и аналогичные и сопоставимые справочные документы по наилучшим доступным техникам (Best Available Techniques Reference Document for Iron And Steel Production [1], Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries [2]), официально применяемые в государствах, являющихся членами Организации экономического сотрудничества и развития, с учетом необходимости обоснованной адаптации к климатическим, экономическим, экологическим условиям и сырьевой базе Республики Казахстан, обуславливающим техническую и экономическую доступность наилучших доступных техник в области применения.

Область применения справочника по НДТ, технологические процессы, оборудование, технические способы, методы в качестве наилучшей доступной техники для конкретной области применения, отнесение техники к НДТ в соответствии с методологией определения НДТ, а также технологические показатели, связанные с применением одной или нескольких в совокупности наилучших доступных техник для технологического процесса определены технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам "Добыча и обогащение угля".

Согласно данным КТА текущее состояние эмиссий в атмосферу от промышленных предприятий отрасли составляет порядка 3415 тонн в год. Готовность отрасли к переходу на принципы НДТ составляет порядка 50 % при несоответствии уровням эмиссий, установленных в сопоставимых справочных документах ЕС.

При переходе на принципы НДТ прогнозируемое сокращение эмиссий в окружающую среду составит 70 %, или снижение порядка 2390 тонн в год.

Предполагаемый объем инвестиций 5 млрд тенге (за счет собственных средств промышленных предприятий и/или заемных средств).

Внедрение НДТ предусматривает индивидуальный подход к выбору НДТ с учетом экономики конкретного предприятия и готовности предприятия к переходу на принципы НДТ, выбора страны производителя НДТ, мощностных показателей, габаритов НДТ и степени локализации НДТ.

### **Информация о сборе данных**

Для разработки справочника информация об уровнях выбросов, сбросах, образовании отходов, технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при добыче и обогащении угля (здесь и далее понимается как различные марки угля, в том числе антрацит) в Республике Казахстан, была собрана в процессе проведения КТА, правила проведения которого регламентированы действующим законодательством Республики Казахстан [3]. Перечень объектов для КТА утвержден технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам "Добыча и обогащение угля".



## **Взаимосвязь с другими справочниками по НДТ**

Справочник по НДТ является одним из серии разрабатываемых в соответствии с требованием Экологического кодекса справочников по НДТ.

Справочник по НДТ "Добыча и обогащение угля" имеет связь с:

Наименование справочника по НДТ	Связанные процессы
Очистка сточных вод централизованных систем водоотведения населенных пунктов	Процессы очистки сточных вод
Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности	Энергетическая эффективность
Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты	Мониторинг эмиссий
"Добыча и обогащение железных руд (включая прочие руды черных металлов)", "Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)"	Процессы добычи и подготовки руд

## **Область применения**

В соответствии с приложением 3 Экологического кодекса настоящий справочник по НДТ распространяется на следующие основные виды деятельности:

добыча и обогащение угля и антрацита.

Справочник по НДТ распространяется на технологические процессы добычи и обогащения, в том числе:

открытая добыча угля;

подземная добыча угля;

обогащение угля;

Область применения настоящего справочника по НДТ, а также технологические процессы, оборудование, технические способы и методы в качестве наилучших доступных техник для области применения настоящего справочника по НДТ определены технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам "Добыча и обогащение угля".

Справочник по НДТ охватывает процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать влияние на объемы эмиссий или уровень загрязнения окружающей среды:

методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов;

методы обращения со вскрышными породами, карьерный и сточный водоотлив, рудничная вентиляция;

хранение и транспортировка угля, пустой породы и хвостов обогащения;

методы рекультивации земель.

Процессы производства, не связанные напрямую с добычей и обогащением угля, не рассматриваются в настоящем справочнике по НДТ.

Справочник по НДТ не распространяется на:

вспомогательные процессы необходимые для бесперебойной эксплуатации производства, а также на внештатные режимы эксплуатации, связанные с ППР и ремонтными работами;

вопросы, касающиеся обеспечения промышленной безопасности или охраны труда.

Аспекты управления отходами на производстве в настоящем справочнике по НДТ рассматриваются только в отношении отходов, образующихся в ходе основного технологического процесса. Система управления отходами вспомогательных технологических процессов рассматривается в соответствующих справочниках по НДТ

## **Принципы применения**

### **Статус документа**

Справочник по НДТ предназначен для информирования операторов объекта/объектов, уполномоченных государственных органов и общественности о наилучших доступных техниках и любых перспективных техниках, относящихся к области применения справочника по НДТ с целью стимулирования перехода операторов объекта/объектов на принципы "зеленой" экономики и наилучших доступных техник.

Определение НДТ осуществляется для отраслей (областей применения НДТ) на основе ряда принятых международных критериев:

применение малоотходных технологических процессов;

высокая ресурсная и энергетическая эффективность производства;

рациональное использование воды, создание водооборотных циклов;

предотвращение загрязнения, отказ от использования (или минимизация применения) особо опасных веществ;

организация повторного использования веществ и энергии (там, где это возможно);

экономическая целесообразность (с учетом инвестиционных циклов, характерных для отраслей применения НДТ).

### **Положения, обязательные к применению**

Положения раздела "6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам" справочника по НДТ являются обязательными к применению при разработке заключений по наилучшим доступным техникам.

Необходимость применения одного или совокупности нескольких положений заключения по наилучшим доступным техникам определяется операторами объектов самостоятельно, исходя из целей управления экологическими аспектами на

предприятию при условии соблюдения технологических показателей. Количество и перечень наилучших доступных техник, приведенных в настоящем справочнике по НДТ, не является обязательным к внедрению.

На основании заключения по наилучшим доступным техникам, операторами объектов разрабатывается программа повышения экологической эффективности, направленная на достижение уровня технологических показателей, утвержденных в заключениях по наилучшим доступным техникам.

### **Рекомендательные положения**

Рекомендательные положения имеют описательный характер и рекомендованы к анализу процесса установления технологических показателей, связанных с применением НДТ и к анализу при пересмотре справочника по НДТ.

Раздел 1: представлена общая информация о добыче и обогащении угля, о структуре отрасли, технологиях, используемых при добыче и обогащении угля.

Раздел 2: описана методология отнесения к НДТ, подходы идентификации НДТ.

Раздел 3: описаны основные этапы производственного процесса или производства конечного продукта, представлены данные и информация об экологических характеристиках установок по добыче и обогащению угля с точки зрения текущих выбросов, потребления и характера сырья, потребления воды, использования энергии и образования отходов.

Раздел 4: описаны техники, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Раздел 5: представлено описание существующих техник, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

Раздел 7: представлена информация о новых и перспективных техниках.

Раздел 8: приведены заключительные положения и рекомендации для будущей работы в рамках пересмотра справочника по НДТ.

## **1. Общая информация**

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит общую информацию о конкретной области применения, включая описание угольной отрасли в Республике Казахстан, а также описание основных экологических проблем, характерных для области применения настоящего справочника по НДТ, включая текущие уровни эмиссий, а также потребления энергетических, водных и сырьевых ресурсов.

### **1.1. Структура и технологический уровень отрасли**

Несмотря на постепенный рост спроса на альтернативные источники энергии, уголь еще долгое время продолжит оставаться в числе важнейших источников энергии. В 2019 году мировое потребление угля снизилось на 0,6 %, а его доля в первичных энергоресурсах уменьшилась до 27 %, что стало рекордно низким уровнем за последние 16 лет. Наибольшее увеличение в потреблении угля пришлось на Китай и Индонезию. В свою очередь, наибольшее снижение в потреблении, которое в то же время превысило рост в потреблении других стран, произошло в странах ОЭСР. В 2020 году мировое потребление угля снизилось на 4,2 %. В странах, входящих в ОЭСР, спрос резко упал, в первую очередь, в США (-19,1 %), Южной Корее (-12,2 %). В странах, не входящих в ОЭСР, заметный рост потребления отмечался лишь в Китае (0,3 %) и Малайзии (18,7 %), а в таких странах, как Индия и Индонезия, произошло снижение потребления соответственно на 6,0 % и 4,9 %. Мировой объем добычи угля в 2020 году снизился на 4,8 % одновременно со снижением добычи в США, Индонезии и Российской Федерации. Наибольшее увеличение в объеме добычи угля произошло в таких странах, как Китай и Вьетнам. По итогам 2020 года по запасам угля Казахстан занимает 7 место в мире (25,6 млрд тонн, или 3,4 % от общемировых запасов), находясь на втором месте после Российской Федерации по объему запасов и добычи угля. [4].

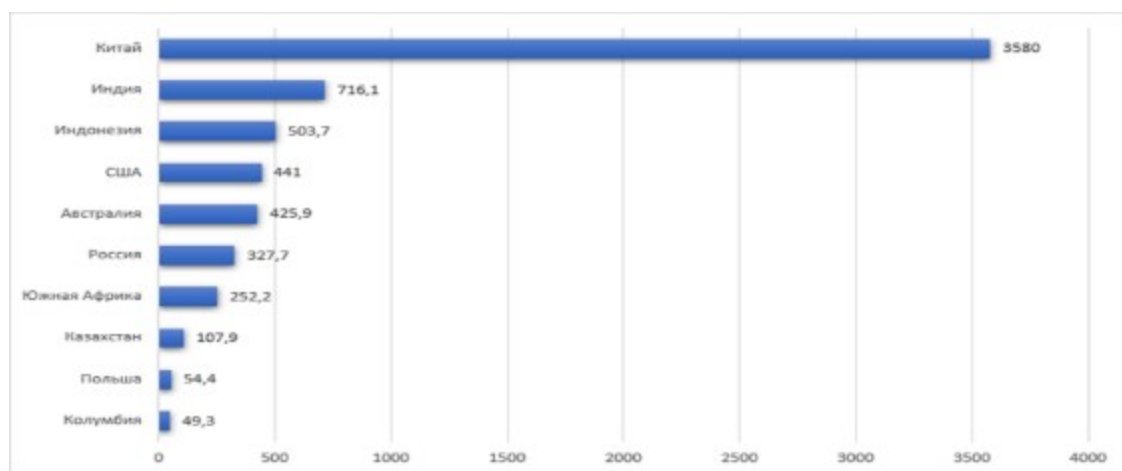


Рисунок 1.1. Страны-лидеры по добыче каменного угля в мире в 2020 г. (в миллионах метрических тонн)

По итогам 2022 года угледобывающими компаниями Казахстана было добыто 113,9 млн тонн угля (без учета угольного концентрата), что на 1,9 % больше по сравнению с соответствующим периодом прошлого года (за 2021 год – 111,7 млн тонн). По итогам 2022 года экспорт угля составил 32,5 млн тонн. На коммунально-бытовые нужды и для населения отгружено 11,03 млн тонн, на энергетические комплексы 64,4 млн тонн, а также на промышленные предприятия отправлено 5,97 млн тонн угля. [5]

Среди отраслей топливно-энергетического комплекса наиболее обеспеченную сырьевую базу имеет угольная промышленность Казахстана. Уголь является базовым стратегическим топливом для ТЭЦ, металлургии как ценное химическое и полиметаллическое сырье.

На сегодняшний день Казахстан занимает восьмое место в мире по запасам угля. Доказанные запасы угля составляют 34,2 млрд тонн, что составляет 3,7 % от общемирового объема. Наибольший объем добычи угля в республике приходится на Центральный (Карагандинская область) и Северо-Восточные (Павлодарская область) регионы – 96,2 %, [6] на которых разрабатываются энергетические угли для ГРЭС, ТЭЦ и коммунально-бытовых нужд. Крупные и мелкие потребители энергетических углей распределены по всему Казахстану и многие находятся от угледобывающих предприятий на расстоянии более 1500 – 2500 км. При таких условиях альтернативным вариантом является разработка новых угольных месторождений с кондиционными запасами, недостаточными для строительства крупных шахт и разрезов (более 2 – 3 млн т/год), недостаточными для строительства мелких разрезов и шахт (до 100 – 500 тысяч тонн в год) для удовлетворения местных коммунально-бытовых потребителей. [7]

В Республике добычу энергетического угля и для населения и коммунально-бытовых нужд осуществляют около 30 компаний, крупнейшие из которых ТОО "Богатырь Комир", разрез "Восточный" и АО "Шубарколь Комир" ERG, АО "АрселорМиттал Темиртау", ТОО "Kazakhmys Coal" (Казахмыс Коал), АО "Каражыра", АО "Майкубен Вест" и др. Рынок энергетического угля в Казахстане относительно фрагментирован крупнейшим игроком, обеспечивающим 40 % добычи энергетического угля, которым является компания ТОО "Богатырь Комир", вторым по объему добычи являются компании в составе "Eurasian Resources Group" (разрез "Восточный"), далее идут "Казахмыс", "Ангренсор-Энерго" и прочие. [8]

Карагандинский угольный бассейн располагает ценными коксующимися углями марок КЖ (коксовый жирный), К (коксовый) и КС (коксовый слабоспекающийся). Для их разработки были построены и эксплуатировались в разные периоды более 65 шахт и добыто около 1,8 млрд тонн угля. Угли этих шахт предназначались для производства кокса на металлургических заводах России и Казахстана. В настоящее время в бассейне действуют 8 шахт Угольного департамента АО "АрселорМиттал Темиртау" для добычи коксующихся углей в объеме около 8 – 10 млн тонн в год, в основном для потребностей Стального департамента АО "АрселорМиттал Темиртау", и 3 шахты АПУП "Гефест" для добычи энергетических углей. На шахтах, добывающих коксующиеся угли, в основном выработаны наиболее ценные угли мощных и средней мощности пластов марок КЖ и К. Разработка тонких пластов, запасы которых на действующих шахтах составляют около 934 млн тонн, в том числе забалансовых около 262 млн тонн, осложнена многими горно-геологическими условиями: необходимость селективной выемки сложных пластов с отдельной выдачей большого количества породы,

проведение выработок с просечкой пород разной крепости и др. Поэтому совершенствование технологических схем горных работ и определение их оптимальных параметров, обеспечивающих высокую эффективность разработки тонких пластов с оставлением пород в выработанном пространстве, приобретает особую актуальность для угольной отрасли Республики Казахстан при подземной добыче угля.

В зависимости от условий залегания угольных месторождений и мощности залежей их разработку осуществляют открытым (разрез), подземным (шахты) или комбинированным открыто-подземным способами. В настоящее время открытым способом в нашей стране добывается около 90 %, доля подземного способа каждый год снижается и в настоящее время не превышает 8 – 10 %. Выбор способа добычи полезного ископаемого – открытого или подземного – определяется горно-геологическими условиями залегания полезных ископаемых и обосновывается технико-экономическими расчетами. В случае если угольное месторождение достигает поверхности современного рельефа или залегает неглубоко, то производится открытая разработка.

Подземным способом разрабатывают месторождения на глубинах до 1 км.

Залегание полезного ископаемого на большой глубине, сложный рельеф поверхности, особые климатические условия – основные факторы, которые являются решающими при выборе подземного способа разработки. Комбинированный способ применяют при разработке, как правило, мощных крутых глубоко залегающих месторождений, перекрытых сравнительно небольшой толщей наносов.

Основная добыча месторождений угля ведется открытым способом. Разрезы по добыче угля характеризуются значительными размерами и производительностями, позволяющими иметь относительно невысокую себестоимость с учетом снижения рыночных цен. Доля подземного способа добычи угля невысокая, так как не вызывает достаточного инвестиционного интереса, поскольку ее себестоимость, за редким исключением, в 2 – 4 раза превышает себестоимость угля, добытого открытым способом. На некоторых месторождениях возможно применение комбинированного способа добычи.

## **1.2. Основные экологические проблемы**

Горнодобывающая и горно-обогательная промышленность неизбежно влияет на окружающую среду. Основными экологическими аспектами предприятий по добыче и обогащению угля являются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, образование шахтных вод, отходов (отвалы и хвосты обогащения), использование земель, механические нарушения ландшафта.

### **1.2.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух**

При добыче и обогащении полезных ископаемых выбросы в атмосферный воздух поступают от взрывных работ, дробления, грохочения, транспортировки, теплоснабжения, производственных машин, а также отсыпки хвостов и вмещающей породы. В процессе открытой добычи угля, а также при его обогащении происходит образование неорганической пыли, частицы которой улетучиваются в атмосферу. Выбросы неорганической пыли относятся к группе неорганизованных выделений, которые осуществляются со значительных территорий.

Подготовка горных пород к выемке	<p>Пыль при бурении скважин и шпуров</p> <p>Пыль и токсичные вещества из пылегазового облака из взорванной горной массы</p> <p>Пыль с поверхностей откосов и площадок</p>
Выемочно-погрузочные работы	<p>Пыль при выемке горной массы различными выемочными машинами</p> <p>Пыль при погрузке и разгрузке (перегрузке) горной массы в транспортные средства, отвал или бункер</p>
Транспортировка различных карьерных грузов	<p>Пыль на технологических автодорогах</p> <p>Сдувание пыли из транспортных сосудов при перемещении полезных ископаемых, пустых пород и отходов обогащения</p> <p>Пыль на пунктах перегрузки</p> <p>Пыль при транспортировании угля из разреза конвейерным транспортом</p> <p>Выхлопные газы при работе автотранспортных средств и тяговых средств железнодорожного транспорта с двигателями внутреннего сгорания</p>
<u>Отвалообразование</u> и складирование вскрышных (пустых) пород, отходов обогащения и угля	<p>Пыль при укладке горной массы в отвалы и склады</p> <p>Пыление обнаженных поверхностей отвалов пустых пород, складов полезных ископаемых</p>
Переработка угля	<p>Выбросы от дробления и грохочения</p> <p>Пыль при складировании дробленого угля в буферные склады</p>

Рисунок 1.2. Основные источники и виды загрязнения атмосферы при производстве горных работ

При вскрытии угольных пластов, проведении проходческих и очистных работ в шахтах может происходить эмиссия метана, которая затем уносится по вентиляционным выработкам в атмосферу. Таким же образом может происходить эмиссия и других газов –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ .

При открытой добыче концентрация загрязняющих веществ и газов разбавляется потоком атмосферного воздуха.

На предприятиях угольной промышленности действует большое количество двигательных, котельных и электрогенерирующих установок, которые в процессе работы выделяют выхлопные газы (оксиды углерода, азота и серы и т. д.) и сажу.

Воздействие при добыче угля.

При добыче угля независимо от способа отработки месторождения образуются выбросы минеральной пыли, выхлопных газов и взрывных газов. Загрязнение окружающей среды происходит за счет выделения вредных газов и пыли из пылегазового облака и газов из взорванной горной массы. Используемые для добычи угля открытым способом взрывчатые вещества при взрыве превращаются в водный пар, оксид и диоксид углерода, и окислы азота. Кроме того, взрывные газы содержат небольшие количества вредных газов, таких как угарный газ и окислов азота. При взрыве образуется также дым. Объем этих газов составляет 0,7 – 1 м<sup>3</sup> газа на килограмм взрывчатого вещества.

Образующийся при взрыве горячий газ захватывает с собой в атмосферу какое-то количество пыли горной породы. При этом объем поднимающейся в атмосферу пыли зависит от заряда и взрываемого материала. Основная масса пыли осаждается, в основном, в непосредственной близости от разреза, но тонкая пыль может переноситься на большие расстояния от предприятия.

При подземном способе добычи угля выбросы, поступающие в атмосферу с воздухом вентиляционной системы шахты значительно ниже, так как влажность воздуха способствует уменьшению распространения пыли с отработанным воздухом в атмосферу.

Процессы добычи угля, его транспортировки и последующей переработки сопровождаются эмиссией метана.

Шахтный газ выделяется на различных этапах эксплуатации шахты – до, вовремя или после добычи угля. В международной классификации используют несколько наборов терминологий для обозначения метана угольных пластов в зависимости от стадии технологического процесса и в настоящее время наиболее устоявшимися являются четыре основных термина, характерных для различных стадий процесса добычи угля и отличающиеся содержанием метана, и соответственно соотношением концентраций метана и воздуха: "VAM" – Ventilation Air Methane. Метан, содержащийся в вентиляционном газе шахты (вентиляционный метан) с концентрацией метана – менее 1 %; "СММ" – Coal Mine Methane. Метан из угольных шахт, извлекаемый за счет попутной дегазации (шахтный/дегазационный метан) с концентрацией метана – 25 – 60 %; "АММ" – Abandoned Mine Methane. Метан из закрытых или ликвидированных угольных шахт. При извлечении его путем дегазации концентрация метана может составлять 60 – 80 %; "СВМ" – Coal Bed Methane. Метан из неразгруженных угольных пластов, извлекаемый в ходе предварительной дегазации через скважины, пробуренные с поверхности с концентрацией метана – более 80 %. [9]

Специфической экологической проблемой угледобывающих регионов Казахстана является загрязнение атмосферы выбросами газа метана. Содержание газа метана в угольных пластах Карагандинского бассейна составляет по разным источникам от 1,0



до 4,0 триллионов м<sup>3</sup>. Здесь ежегодно при подземной разработке угольных пластов извлекается средствами дегазации и вентиляции около 400 млн м<sup>3</sup> газа, используется при этом порядка 10 – 15 % от общей эмиссии метана в качестве топлива шахтных котельных, что является явно недостаточным. [10]

Шахтный метан является одним из парниковых газов, вносящих самый существенный вклад в негативное воздействие на окружающую среду. Отдельной проблемой являются газовыделения на территориях, выведенных из эксплуатации шахт и прилегающих к ним районов, что приводит к опасным для населения концентрациям метана (АММ).

Воздействие при дроблении и грохочении.

Выбросы от дробления и грохочения во многом зависят от расположения оборудования. Выбросы блока дробления и грохочения, размещенного на закрытых площадках, обычно не вызывают большой нагрузки на окружающую среду. Машины опрокидывают горную массу в загрузочное отверстие дробилки обычно все же на открытом пространстве, таким образом, пылевые выбросы невозможно полностью собрать для очистки.

В результате деятельности объектов обогатительной фабрики в атмосферный воздух поступают следующие загрязняющие вещества:

пыль: пыление при погрузочно-разгрузочных работах, сдувании на складах и при перегрузках угля и породы;

газы: при работе двигателей внутреннего сгорания погрузчиков, бульдозеров и автосамосвалов, в атмосферу поступают диоксид серы, диоксид азота, оксид азота, углерод, оксид углерода и углеводороды.

Воздействие при складировании и транспортировке горной массы (вскрышных пород или концентрата).

При складировании, погрузке и транспортировке горной массы, образуются выбросы пыли и выхлопных газов транспортных средств, выделяющихся при сжигании топлива карьерным транспортом.

Транспортировка угля и вскрышных пород происходит на территории предприятий по дорогам без покрытия, на которые попадают перевозимые горные массы. Минеральный материал измельчается в мелкую пыль под колесами тяжелого транспорта, тогда на поверхности дорог часто образуется слой пыли. Объемы транспортных выбросов пыли и выхлопных газов растут при промежуточных погрузках и разгрузках, а также по мере увеличения расстояния от места добычи до объектов по обогащению.

Места перегрузки горной массы (перегрузка с конвейера на конвейер, разгрузка автосамосвалов в отвал или бункер, разгрузка вагонов в бункер или в приямок экскаватора на отвале и т.д.) являются интенсивными источниками пылевых выделений.

Причем при работе роторных комплексов, дробильно-перегрузочных пунктов, разработке пород, передвижении автомобильного транспорта и бульдозерном отвалообразовании все операции технологического процесса сопровождаются активным пылевыведением.

Выбросы пыли могут выделяться при складировании горной массы или готового продукта, от поверхности отвалов вскрышных пород и штабелей складированной готовой продукции или во время погрузки просыпающегося на землю сухого материала и пыль с осадками может попадать в поверхностные и подземные водные объекты. Объемы пылевых выбросов при складировании зависят от погодных условий, а также от применяемых технологий. Пыление с поверхности отвалов и штабелей уменьшается, если поддерживается достаточная влажность концентрата и содержится минимальное количество абсолютно сухого материала. Если концентрат складирован в крытых хранилищах, то выбросы ограничиваются выхлопными газами транспортных средств при погрузке и перевозке.

Самовозгорание и взрывоопасность.

Каменные и бурые угли в определенных условиях характеризуются склонностью к самовозгоранию. Самовозгорание приводит к выделению в атмосферу оксидов углерода, серы, азота и других загрязняющих веществ. Самонагревание и самовозгорание угля наблюдается на складах при длительном хранении угля. Самовозгораются терриконики и породные отвалы, в горной массе которых содержание органических веществ превышает 10 %. Основная часть "шахтных" эндогенных пожаров возникает в выработанном пространстве.

При разработке и складировании углей ряда месторождений Казахстана (Карагандинское, Экибастузское, Шубаркольское, Шарынкoльское, Каражыринское, Майкубенское и др.) в определенных условиях происходят окислительные процессы, приводящие к разрушению теплотворных и иных характеристик угольной продукции и зачастую к их самовозгоранию. [11] Самовозгорание угля при вскрытии угольных пластов, процессах выемки, первичной обработки и складировании на аварийных или временных открытых площадках наносят значительный ущерб экономике предприятия и окружающей среде. При самовозгорании угля сжигается большое количество угольных ресурсов, снижается теплотворная способность угля и, как результат, выбрасывается существенное количество токсичных и парниковых газов. Продуктами горения являются механические взвеси, в виде сажи, также отравляющие и токсические вещества, в том числе, окись углерода (CO), сернистый газ (SO<sub>2</sub>), углеводороды и прочее. [12]

Источниками значительного выделения вредных газов при горении угля являются пожары, возникающие при открытой добыче угля. А именно, к потенциально пожароопасным участкам относятся технологические объекты при добыче и хранении

угля, которые характеризуются наиболее благоприятными условиями для протекания процессов самонагревания, самовозгорания, возгорания от внешних тепловых источников и распространения открытых очагов пожаров.

На самовозгорание угля приходится более 90 % пожаров, происходящих на угольных месторождениях. Самовозгорание угля и продуктов его переработки является причиной колоссальных финансовых потерь как у производителей, так и у пользователей. Вследствие горения породных отвалов содержание окиси углерода, сернистого ангидрида и сероводорода на расстоянии до 2 км от отвалов в атмосфере определяется в значительных количествах, оказывающих негативное воздействие на здоровье человека. [13]

Опасность взрыва угольной пыли в угольных шахтах является одним из самых серьезных бедствий. По сравнению со взрывами газа взрывы угольной пыли обладают большей интенсивностью и радиусом действия, большей разрушительной силой и более тяжелыми последствиями.

Взрывы метана и угольной пыли – это наиболее частый вид аварий на угольных предприятиях. В угольном массиве метан распределен неравномерно, и находится в сорбированном состоянии, но как только происходит его разрушение и выемка – метан высвобождается и распространяется по горным выработкам. Смесь метана и угольной пыли крайне взрывоопасна (с концентрацией метана от 4 до 16 %), поскольку в любой момент может "схватить" искру и детонировать, приведя к человеческим жертвам, к обвалам шахтных конструкций и временному выходу предприятия из строя. Искра может быть любой природы: будь то механическое трение аппаратуры и механизмов, задействованных в производстве, или же результат движения породы.

На рисунке 1.3 представлено текущее состояние отрасли Республики Казахстан согласно данным КТА по установкам (источникам эмиссий) угольной отрасли.

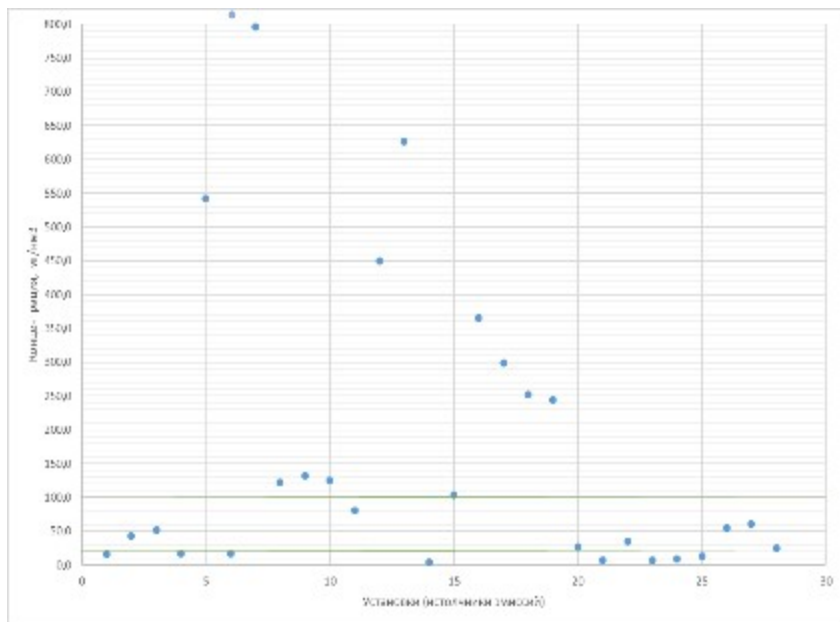


Рисунок 1.3. Текущее состояние отрасли Республики Казахстан

### 1.2.2. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

На время жизненного цикла горнодобывающего предприятия основным фактором воздействия на водную среду является сброс поверхностных и шахтных вод, загрязненных взвешенными веществами и растворенными химическими веществами, и, кроме того, при осушении карьеров дренажными шахтами в подземных условиях загрязняются дренируемые грунтовые воды, а при откачке шахтной воды образуются депрессионные воронки, радиус которых может достигать десятков километров. Источниками нагрузки на водоемы могут быть процессы обогащения, а также естественный сток с породных и рудных отвалов и хвостов. К тому же водоемы могут загрязняться пылью, а также поверхностным стоком с поверхности водосбора. Ниже более подробно описывается нагрузка на водоемы от процессов добычи и обогащения угля.

#### Воздействие при добыче угля

Из разреза/шахты откачиваются на поверхность подземные воды и проникающий туда поверхностный сток для поддержания выработок в сухом состоянии. Потребность в откачивании воды зависит от геологических и гидрогеологических особенностей обрабатываемого месторождения. На химический состав откачиваемой воды влияет вещественный состав угля и вмещающих пород и применяемые для извлечения (добычи) полезного ископаемого взрывчатые вещества.

Вода, откачиваемая из горных выработок, может содержать остатки взрывчатых веществ. Взрывчатые вещества обычно выполнены на основе аммиачной селитры, поэтому из них могут попадать в рудничные воды нитраты и ионы аммония, вызывающие эвтрофирование водоемов. Взрывчатые вещества могут содержать также

органические соединения (например, минеральные масла), токсичные для водных организмов.

Ведение горных работ оказывает значительное техногенное воздействие на водные объекты, что создает проблемы с обеспечением населения питьевой водой нормативного качества и в достаточном количестве. Горные работы приводят к образованию депрессионных воронок. Это приводит к высыханию колодцев, водозаборных скважин, усыханию родников, ручьев и небольших речек. Огромное воздействие на качество подземных вод оказывает процесс ликвидации горнодобывающих предприятий. После затопления шахт выработанное пространство превращается в источник постоянного загрязнения (в воде увеличивается содержание железа, марганца и даже сероводорода), отмечается существенное увеличение минерализации подземных вод.

Породные отвалы и открытые склады готовой продукции, расположенные на земельных отводах разрезов, шахт и фабрик при таянии снегов или выпадении осадков становятся, источниками загрязнения поверхностных и подземных (преимущественно грунтовых) вод. Атмосферная вода, попадая на отвал и стекая с его боковых поверхностей, загрязняется вследствие эрозии горной массы, а при фильтрации через породную толщу в большей или меньшей степени минерализуется.

Расширение применения в подземных выработках подвешенного дизельного транспорта, а в открытых горных выработках мощного транспортного и технологического оборудования с двигателями внутреннего сгорания привело к повышению загрязнения шахтных и карьерных вод нефтепродуктами. При добыче угля качественное ухудшение состояния водных объектов и почв может быть следствием утечки масел, используемых в технологическом оборудовании, и химических реагентов с мест их хранения. Также шахтные воды могут содержать существенные концентрации горюче-смазочных материалов от горно-шахтного оборудования. В период производственной деятельности утечки нефтепродуктов в водоемы возможны, вследствие повреждения гидравлических и топливных систем горнодобывающей техники.

Откачиваемая из разреза/шахты вода собирается в резервуар (водосборник), затем, исходя из степени загрязнения, направляется в отстойники или пруды-накопители для дальнейшей очистки и выпуска ее в окружающую среду. Дальнейшее воздействие сброса загрязненных сточных шахтных и карьерных вод в поверхностные водные объекты проявляется в изменении гидрологического и температурного режимом водотока, химического состава, повышении мутности и заиливании дна, что негативно сказывается на водном биоразнообразии, а также на возможностях дальнейшего использования водного объекта.

В процессе работы обогатительной фабрики образуются технологические (производственные) воды. В большинстве случаев технологические воды очищаются и повторно используются в технологическом процессе.

### **1.2.3. Образование и управление отходами производства**

Твердые отходы добычи и переработки в горной отрасли составляют значительную часть в общем объеме образующихся в мире промышленных отходов. Отрасль характеризуется многообразием отходов, таких как нефтепродукты, вскрышные и вмещающие породы, отработанные масла и так далее.

#### **Вмещающие породы**

Вмещающие породы извлекаются и удаляются как при открытом, так и подземном способе для обеспечения добычи угля. В подземной добыче доля вмещающих пород обычно меньше, чем в открытой, где объемы вскрышных и вмещающих пород могут быть в несколько раз больше, чем объем добываемого угля. Когда месторождение разрабатывается подземным способом, то, как правило, вмещающая порода может использоваться для заполнения выработанного пространства.

Размещенные на территории шахты временно или постоянно на хранение отвалы пустой породы могут вызывать выбросы минеральной пыли и загрязнение водных объектов. Возможное выветривание минерального материала, отсутствие гумусного слоя, обеспечивающего озеленение поверхности отвала, большая высота отвала увеличивают риск ветровой эрозии и вызываемой ею пылевой нагрузки.

Характер выбросов от пустой породы зависит в основном от минералогического и химического состава материала. Если отвал пустой породы содержит сульфидные минералы и является кислотообразующим, то кислые и содержащие металлы стоки из отвала могут загрязнять поверхностные и подземные водные источники. Вымываемые с хвостохранилищ воды содержат также взрывчатые вещества, которые вызывают загрязнение ближайших водоемов азотом.

На начальном этапе деятельности горного предприятия, особенно при строительстве открытого разреза, поверхность месторождения очищается от поверхностного слоя земли. Сохраненный плодородный растительный слой может быть применен для рекультивации. В этом случае речь идет о длительном хранении почвогрунта.

#### **Другие отходы.**

Кроме вышеперечисленных отходов горного и обогатительного производства образуются: отходы картона и бумаги; металлолом; отходы электрических и электронных приборов; отходы резины и пластика; проблемные отходы; канализационные стоки; прочие.

Отходы сортируются и направляются на рециклинг или места хранения. Объем вывозимых на полигоны отходов должен быть минимальным.

#### **1.2.4. Факторы физического воздействия**

##### **Шум и вибрация**

На предприятиях горнодобывающей промышленности в силу специфических особенностей технологии подземной и открытой добычи полезных ископаемых на работников одновременно действует многообразие неблагоприятных факторов производственной среды (пыль, шум, вибрация, неблагоприятный микроклимат и др.), степень выраженности которых во многом зависит от конкретных климатогеографических и горно-геологических условий на предприятиях.

В деятельности горных предприятий основными источниками шума и вибрации являются взрывные работы, буровые работы, процессы погрузки и перевозки горной массы, шум от двигателей транспортных средств, конвейерный и железнодорожный транспорт, вентиляторные установки, дробление, раскалывание слишком крупных каменных глыб, связанная с дроблением сортировка, измельчение. Совокупное воздействие от работающих экскаваторов, бульдозеров, взрывных работ, транспорта, дробления и измельчения, а также складирования материала в отвалы может значительно повлиять на дикую природу и жителей близлежащих районов.

Вибрация связана с работой разнообразной техники, используемой в добыче полезных ископаемых, взрывные работы считаются основным источником сейсмических волн. Вибрация влияет на стабильность инфраструктуры, зданий, человеческого жилья вблизи крупномасштабных горнодобывающих предприятий. При взрывных работах наблюдается колебание воздуха, которое находится частично в частотном диапазоне слуха человека и ниже. Это низкочастотное, появляющееся при взрыве колебание воздуха называется волной атмосферного давления. Факторы, влияющие на силу волны, меняются в зависимости от взрыва, что усложняет оценку силы волны атмосферного давления. На распространение волны атмосферного давления в окружающую среду и риск наносимого ею ущерба влияют погодные условия, рельеф, препятствия и направление волны. Другими причинами возникновения волны атмосферного давления являются импульсы атмосферного давления и колебаний земли. Волна атмосферного давления большая, когда взрыв происходит в воздухе или поверхностным зарядом.

#### **1.2.5. Воздействие при ликвидации и рекультивации**

Закрытие добывающего предприятия и рекультивационные работы становятся актуальными, когда экономически выгодные запасы угля истощаются, или, когда горнодобывающая деятельность окончательно прекращается. Целью рекультивации и ликвидации последствий производственной деятельности горнодобывающего

предприятия должно быть возвращение участка земли в состояние, максимально идентичное его исходному состоянию с целью предотвращения выделения токсичных загрязняющих веществ из различных производственных объектов.

При выполнении ликвидационных и рекультивационных работ, как и при производственной деятельности, возможно загрязнение атмосферного воздуха твердыми (пыль) и газообразными (выхлопные газы) веществами, образование и размещение отходов от демонтажа зданий и сооружений, образование загрязненного поверхностного стока и сброса шахтных вод в водные объекты, физические факторы воздействия.

Основной угрозой природной среде после закрытия добывающего предприятия являются сточные воды, образующиеся на бывших территориях отработки месторождения и участках размещения горнопромышленных отходов, а также возможно воды, просачивающиеся из выработанного пространства.

Работы по ликвидации и рекультивации последствий деятельности горнодобывающего предприятия должны проводиться в соответствии с действующими требованиями национального законодательства и нормативной документацией.

### **1.3. Потребление энергетических и сырьевых ресурсов**

#### **1.3.1. Потребление сырьевых ресурсов**

##### **Водопотребление**

Для добычи полезных ископаемых требуется много воды, например, для следующих целей:

вода для бурения;

непосредственно технологическая вода (измельчение и обогащение в пульпе);

питательная вода (насосы, всасывающие устройства и др.);

приготовление химикатов (реагентов);

вода для промывки (например, оборудования и полов);

вода для промывки (например, фильтровальных тканей);

хозяйственно-питьевая вода, и др.

Большая часть требуемой воды обычно восполняется за счет циркуляции в разных технологических процессах, но для работы часто необходима и достаточно чистая свежая вода. Возможности циркуляции воды обуславливаются определенным технологическим процессом, в том числе используемыми в нем химическими реагентами. Циркуляция повышает концентрации содержащихся в воде веществ. В результате этого концентрации веществ могут достигнуть слишком высокого для процесса обогащения уровня, препятствуя использованию технологической воды в процессе. В некоторых случаях может использоваться карьерная вода или без обработки, или после обработки (например, отстаивание воды). На многих обогатительных фабриках потребность в воде можно обеспечить почти полностью за



счет рециркуляции и использования карьерной воды. С другой стороны, забор больших объемов свежей воды за пределами рудника практически невозможен. Используемая на руднике хозяйственно-питьевая вода приобретается обычно отдельно по договору у внешнего поставщика. В некоторых процессах (например, промывка фильтровальных тканей, охлаждение компрессоров) можно применять воду, очищенную на предприятии собственными очищающими устройствами.

Потребление вспомогательных производственных материалов.

Для угольного производства кроме ресурсов энергии и воды требуются различные вспомогательные производственные материалы, такие как взрывчатые материалы, реагенты и химикаты, материалы для крепления горных выработок (металлическая арочная крепь, различные типы анкерной крепи, металлическая сетка), трубы, буровой инструмент, используемый для бурения скважин различного типа и назначения тела, запасные части для основного и вспомогательного оборудования, мелющие фильтровальные ткани, полимерные и композиционные материалы и т.д.

### **1.3.2. Потребление энергетических ресурсов**

Основные производственные процессы горнодобывающего предприятия непрерывно связаны с существенным использованием топливно-энергетических ресурсов – моторное топливо, электрическая и тепловая энергия, котельно-печное топливо.

Наиболее существенное потребление энергии в горнодобывающей отрасли характерно, в частности, для транспортных средств, геологоразведочных работ и таких технологических процессов, как бурение, выемка породы, выемка минерального сырья, размол, дробление, обогащение, водоотлив и вентиляция.

Для технологических и хозяйственных нужд потребляются следующие виды ресурсов:

котельно-печное топливо (уголь каменный, природный газ) – используется в технологических процессах предприятия, а также для производства тепловой и электрической энергии;

моторное топливо (дизтопливо и бензин) – используются в технологических процессах предприятия, а также для перевозки людей и грузов;

тепловая энергия (горячая вода и пар) – применяются как в технологических процессах, а также используются для отопления административных и производственных зданий, строений и сооружений;

электрическая энергия;

керосин ТС – 1 (топливо реактивное типа бензина);

вода (техническая, хозяйственно – питьевая);

сжатый воздух;

продукты разделения воздуха (кислород и азот).

Снабжение структурных подразделений предприятия энергетическими ресурсами может осуществляться как от сторонних источников, так и вырабатываться (производиться) самостоятельно структурными подразделениями предприятия.

Потребление энергии сильно зависит от особенностей угля и необходимого технологического процесса. Если уголь относительно твердый, то на его отделение, измельчение и размол требуется значительно больше энергии, чем на обработку мягкого. Показателем энергетической эффективности крупных технологических установок и производств является удельный расход энергетических ресурсов на единицу выпускаемой продукции.

Используемое в горном производстве электрическое оборудование можно разделить на следующие группы:

устройства для передачи и распределения электроэнергии: линии электропередачи, трансформаторы, кабели;

электрическое оборудование: электродвигатели, осветители и ручные инструменты; оборудование для управления, контроля, связи и автоматизации.

В процессе добычи и транспортировки угля электроэнергия расходуется на следующие объекты: электрогидравлические рабочие машины (например: бурильные установки, крепление кровли и стенок выработок, машины для торкретирования бетоном); транспортеры; производство сжатого воздуха, вентиляция.

Потребление энергии в обогатительных процессах определяется, в первую очередь, объемом перерабатываемого угля, используемыми процессами обогащения и необходимым для этого оборудованием. Обычно самые мощные электродвигатели используются при измельчении угля. Также дробление и грохочение угля являются энергоемкими этапами, но используемые в работе отдельные электродвигатели и насосы меньше по мощности на порядок.

В таблице 1.1 представлены текущие объемы потребления сырья, материалов, энергетических и водных ресурсов согласно данным КТА по предприятиям угольной промышленности.

Таблица 1.1. Потребление сырья, материалов, энергетических и водных ресурсов

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Предприятие А		Предприятие В		Предприятие С	
			2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ГСМ	тысяч тонн	135,5	126,6	22,1	31,9	20,5	22,7
2	Электрическая энергия	тысяч кВт*ч	89 786,3	92 315,0	299 785,9	298 442,5	35 072,3	33 243,6
3			3,9	2,8	13,1	13,1		0,5

	Взрывчат ые вещества	тысяч тонн					0,5	
4	Вода	тысяч м <sup>3</sup>	504,8	543,2	409,7	411,3	424,9	444,1

## 2. Методология определения наилучших доступных техник

Процедура определения наилучших доступных техник для области применения настоящего справочника по НДТ организована НАО "Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов" в лице Бюро НДТ (далее – Центр) и технической рабочей группой по вопросам разработки справочника по НДТ "Добыча и обогащение угля" в соответствии с положениями Правил.

В рамках данной процедуры, учтена международная практика и подходы к определению НДТ, в том числе основанные на справочных документах ЕС по НДТ "Справочный документ по НДТ для производства чугуна и стали" (Best Available Techniques Reference Document for Iron And Steel Production), "Справочный документ по НДТ для обращения с отходами добывающей промышленности" (Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries), справочном документе ЕС по экономическим аспектам и вопросам воздействия на различные компоненты окружающей среды "EU Reference Document on Economics and Cross-Media Effects", а также на Руководстве по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ "Best Available Techniques for Preventing and Controlling Industrial Pollution, Activity 4: Guidance Document on Determining BAT, BAT-associated Environmental Performance Levels and BAT-based Permit Conditions".

### 2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ

Определение наилучших доступных техник основываются на принципах и критериях в соответствии с требованиями Экологического кодекса, а также на соблюдении последовательности действий технических рабочих групп:

1) определение ключевых экологических проблем для отрасли с учетом маркерных загрязняющих веществ эмиссий;

Для каждого технологического процесса добычи и обогащения угля определен перечень маркерных веществ (более детальная информация приведена в разделе 6 настоящего справочника по НДТ).

Метод определения перечня маркерных веществ основывался преимущественно на изучении проектной, технологической документации и сведений, полученных в ходе проведенного КТА предприятий по области применения настоящего справочника по НДТ.

Из перечня загрязняющих веществ, присутствующих в эмиссиях основных источников загрязнения, для каждого технологического процесса в отдельности был определен перечень маркерных веществ при условии их соответствия следующим характеристикам:

вещество характерно для рассматриваемого технологического процесса (вещества, обоснованные в проектной и технологической документации);

вещество оказывает значительное воздействие на окружающую среду и (или) здоровье населения, в том числе, обладающее высокой токсичностью, доказанными канцерогенными, мутагенными, тератогенными свойствами, кумулятивным эффектом, а также вещества, относящиеся к стойким органическим загрязняющим веществам.

2) определение и описание техник-кандидатов, направленных на комплексное решение экологических проблем отрасли;

При формировании перечня техник-кандидатов рассматривались технологии, способы, методы, процессы, практики, подходы и решения, которые направлены на комплексное решение экологических проблем области применения настоящего справочника по НДТ, из числа имеющихся в Республике Казахстан (выявленных в результате КТА) и в международных документах в области НДТ, в результате чего был определен перечень (количество) из техник-кандидатов, представленный в разделе 5.

Для каждой техники-кандидата приведено технологическое описание и соображения касательно технической применимости техник-кандидатов; экологические показатели и потенциальные выгоды от внедрения техники-кандидата; экономические показатели, потенциальные кросс-медиа эффекты и необходимые условия.

3) анализ и сравнение техник-кандидатов в соответствии с показателями технической применимости, экологической результативности и экономической эффективности.

В отношении рассматриваемых в качестве НДТ техник-кандидатов была проведена оценка в следующей последовательности:

оценка техники-кандидата по параметрам технологической применимости;

оценка техники-кандидата по параметрам экологической результативности.

Был проведен анализ экологического эффекта от внедрения техник-кандидатов, выраженный в количественном значении (единица измерения или процент сокращения/увеличения), в отношении следующих показателей:

атмосферный воздух: предотвращение и (или) сокращение выбросов;

водопотребление: сокращение общего водопотребления;

сточные воды: предотвращение и (или) сокращение сбросов;

почва, недра, подземные воды: предотвращение и (или) сокращение влияния на компоненты природной среды;

отходы: предотвращение и (или) сокращение образования/накопления производственных отходов и/или их вторичное использование, восстановление отходов и энергетическая утилизация отходов;

потребление сырья: сокращение уровня потребления, замещение альтернативными материалами и (или) отходами производства и потребления;

энергопотребление: сокращение уровня потребления энергетических и топливных ресурсов; использование альтернативных источников энергии; возможность регенерации и рециклинга веществ и рекуперации тепла; сокращение потребления электро- и теплоэнергии на собственные нужды;

шум, вибрация, электромагнитные и тепловые воздействия: снижение уровня физического воздействия;

Также учитывалось отсутствие или наличие кросс-медиа эффектов.

Соответствие или несоответствие техники-кандидата каждому из вышеперечисленных показателей основывалось на сведениях, полученных в ходе КТА.

Оценка техники-кандидата по параметрам экономической эффективности.

Оценка экономической эффективности техники-кандидата не является обязательной, однако, по решению большинства членов ТРГ, экономическая оценка НДТ проводилась членами ТРГ-представителями промышленных предприятий в отношении некоторых техник, имеющих внедрение и эксплуатируемых на хорошо функционирующих промышленных установках/заводах.

Факт промышленного внедрения устанавливался в результате анализа сведений, выявленных в результате КТА.

1. Определение технологических показателей, связанных с применением НДТ.

2. Определение уровней эмиссий и иных технологических показателей, связанных с применением НДТ, в большинстве случаев использовано в отношении техник, обеспечивающих снижение негативного антропогенного воздействия и контроль загрязнения на конечной стадии производственного процесса.

Так, технологические показатели, связанные с применением НДТ, определялись в том числе и с учетом уровней национальных показателей, что подтверждено отчетами проведенных КТА.

## **2.2. Критерии отнесения техник к НДТ**

В соответствии с п. 3 статьи 113 Экологического кодекса критериями определения наилучших доступных техник являются:

1) использование малоотходной технологии;

2) использование менее опасных веществ;

3) способствование восстановлению и рециклингу веществ, образующихся и используемых в технологическом процессе, а также отходов, насколько это применимо

;

- 4) сопоставимость процессов, устройств и операционных методов, успешно испытанных на промышленном уровне;
- 5) технологические прорывы и изменения в научных знаниях;
- 6) природа, влияние и объемы соответствующих эмиссий в окружающую среду;
- 7) даты ввода в эксплуатацию для новых и действующих объектов;
- 8) продолжительность сроков, необходимых для внедрения наилучшей доступной техники;
- 9) уровень потребления и свойства сырья и ресурсов (включая воду), используемых в процессах, и энергоэффективность;
- 10) необходимость предотвращения или сокращения до минимума общего уровня негативного воздействия эмиссий на окружающую среду и рисков для окружающей среды;
- 11) необходимость предотвращения аварий и сведения до минимума негативных последствий для окружающей среды;
- 12) информация, опубликованная международными организациями;
- 13) промышленное внедрение на двух и более объектах в Республике Казахстан или за ее пределами.

## **2.3. Экономические аспекты внедрения НДТ**

### **2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ**

Наилучшие доступные техники, как правило, широко известны во всем мире, а экономическая оценка является дополнительным критерием для принятия решения о возможности или отказе от внедрения НДТ. НДТ также считается приемлемой, если есть однозначные свидетельства/примеры результатов ее успешной промышленной эксплуатации. Так, странами ЕС при определении НДТ учитываются только технологии, уже вышедшие на промышленную эксплуатацию, и природоохранная эффективность которых подтверждена практически.

Следует понимать, что НДТ не всегда приносят экономический эффект и их применимость определяется инвестиционной обоснованностью использования тех или иных технологических процессов, установок/агрегатов/оборудования, стоимости реагентов и компонентов, соотношения затрат и выгод, стоимости капитала, сроков реализации внедрения НДТ и многих других факторов. Общая экономическая эффективность НДТ определяется финансово-экономическими условиями конкретного предприятия и планово-экономические финансовые службы предприятия проводят самостоятельное технико-экономическое обоснование осуществимости НДТ.

В соответствии с общепринятыми в мировой практике подходами, экономическая оценка эффективности внедрения НДТ может осуществляться различными способами:

- по инвестиционной обоснованности затрат;
- по анализу затрат и выгод;

по отношению затрат к ряду ключевых показателей предприятия: оборот, операционная прибыль, добавленная стоимость и др. (при доступности соответствующих финансовых данных);

по затратам к достигаемому экологическому результату и др.

Каждый из способов экономической оценки отражает результат реализации мероприятий по охране окружающей среды на различные аспекты финансово-экономической деятельности предприятия и может служить источником принятия решения по НДТ. Оператор объекта применяет к экономической оценке НДТ наиболее приемлемый для него, с учетом отраслевой и производственной специфики, способ оценки или их сочетание.

По результатам общей экономической оценки НДТ могут быть ранжированы, как:

экономически эффективные, когда техника сокращает расходы, дает экономию денежных средств и/или незначительно влияет на себестоимость продукции;

экономически эффективные при определенных условиях, когда техника приводит к увеличению затрат, но дополнительные расходы считаются приемлемыми для экономических условий предприятия и находятся в разумной пропорции к полученным экологическим выгодам;

экономически неэффективные, когда техника приводит к увеличению затрат, а дополнительные расходы не считаются приемлемыми для экономических условий предприятия или несоразмерны полученным экологическим выгодам.

При выборе между несколькими альтернативными НДТ проводится сравнение соответствующих показателей экономической эффективности для определения наименее затратных.

В целом, переход на принципы НДТ должен быть экономически выгоден предприятию и не должен снижать его экономическую эффективность и ухудшать финансовое состояние в долгосрочной перспективе.

При экономической оценке НДТ должны быть также приняты во внимание вопросы возможности реализации проектов НДТ в целом по отрасли с учетом сохранения текущего уровня эффективности и рентабельности производства в долго-, средне- и краткосрочной перспективе.

НДТ может быть признана экономически приемлемой на отраслевом уровне, если возможность ее реализации, с учетом общих финансовых затрат и экологических выгод, подтверждается в масштабе, достаточном для широкого внедрения в данной отрасли.

Для НДТ, требующих существенных инвестиционных капитальных вложений, должен быть определен разумный баланс между запросом гражданского общества на реализацию природоохранных мероприятий в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду и инвестиционными возможностями оператора объекта. При этом ответственность за доказательство условий, по которым к процессу внедрения НДТ должен быть применен особый режим, несет оператор объекта.

### 2.3.2. Способы экономической оценки НДТ

С точки зрения прибыльности и экономичности инвестиции в НДТ оцениваются, как:

прибыльные – в случае получения дополнительных доходов от их реализации или экономии средств;

неприбыльные в доходной части, но допустимые с точки зрения текущего или будущего финансового состояния компании;

неприбыльные и недопустимые по своим финансовым затратам;

достигающие разумной экологической пользы по сравнению с затратами;

имеющие необоснованно высокие затраты по сравнению с достигнутым экологическим эффектом.

### 2.3.3. Соотношение затрат и ключевых показателей предприятия

Для определения целесообразности инвестиций в мероприятия по охране окружающей среды может быть проанализировано соотношение расходов на НДТ и ряда ключевых экономических результатов деятельности предприятия: валовый доход, оборот, операционная прибыль, себестоимость и др. (при доступности данных).

При данном анализе возможно применение шкалы справочных значений, полученных по данным анкетирования предприятий ЕС, ранжирующих такие соотношения на три категории:

приемлемые затраты – если инвестиции относительно малы по сравнению с ключевыми показателями и можно считать их приемлемыми без дальнейшего обсуждения;

обсуждаемые – средние затраты, когда затруднительно или невозможно дать четкую оценку целесообразности инвестиций;

неприемлемые затраты – если инвестиции чрезмерны по отношению к ключевым результатам деятельности предприятия.

Таблица 2.1. Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды [14].

№ п/п	Соотношение затрат к ключевым показателям	Приемлемые	Обсуждаемые	Неприемлемые
1	2	3	4	5
1	Годовые затраты/оборот	< 0,5 %	0,5 – 5 %	> 5 %
2	Годовые затраты/операционная прибыль	< 10 %	10 – 100 %	> 100 %



3	Годовые затраты/ добавленная стоимость	< 2 %	2 – 50 %	> 50 %
4	Годовые затраты/ о б щ и е инвестиционные расходы на НДТ	< 10 %	10 – 100 %	> 100 %
5	Годовые затраты/ годовой доход	< 10 %	10 – 100 %	> 100 %

Шкала значений определена Центром по НДТ Фламандского института технологических исследований в ходе разработки модели по экономической оценке НДТ. Данные для модели получены из специальной литературы, дополнены сведениями по конкретным компаниям и поставщикам. При этом было проведено усреднение годовых отчетов по репрезентативной выборке компаний и бухгалтерский баланс такой "усредненной" компании использован для расчета необходимых экономических показателей и финансовых коэффициентов. Модель успешно использована в более, чем 10 отраслевых исследованиях НДТ, особенно в отраслях с однородной структурой и со значительным количеством компаний, где возможно определение "средней" компании, включая крупные/глобальные предприятия горно-металлургической и химической промышленности с длительным инвестиционным циклом.

Вместе с тем, ввиду большого интервала значений внутри категории "обсуждаемые", значительная часть осуществляемых природоохранных инвестиций может попасть в этот диапазон, что делает их слишком неопределенными для однозначного вывода об обоснованности инвестиций.

В этом случае целесообразность вложений должна оцениваться с учетом дополнительных отраслевых аспектов, таких, как период реализации проекта по внедрению НДТ, общий уровень инвестиций в охрану окружающей среды, текущая рыночная и финансовая ситуация и др.

В целом, шкала справочных затрат может рассматриваться как оценочный ориентир, применимый в некоторых случаях оценки НДТ, и использоваться для построения предприятием собственной шкалы значений с учетом своего финансово-экономического состояния, которые могут применяться при рассмотрении вопросов внедрения НДТ.

Также, при наличии данных о годовом объеме производства и доходах от реализации товарной продукции могут быть определены такие важные показатели экономической эффективности, как затраты предприятия на внедрение НДТ по отношению к единице произведенной продукции, то есть объем денежных средств, которые предприятие расходует на внедрение НДТ при производстве единицы продукции, а также прирост себестоимости на единицу продукции.

#### 2.3.4. Прирост себестоимости на единицу продукции

Существенным фактором для определения применимости НДТ являются дополнительные затраты, которые несет предприятие при ее внедрении в текущий производственный процесс. Это увеличивает себестоимость продукции и снижает потенциал НДТ с точки зрения ее экономической эффективности.

Себестоимость производства единицы продукции определяется как отношение общих годовых денежных затрат на производство продукции к годовому физическому объему производства. Процентное соотношение общих годовых затрат на внедрение НДТ и производственной себестоимости выражает прирост затрат на производство с учетом дополнительных расходов предприятия на природоохранные мероприятия.

Например, при использовании системы пылеподавления на угольном разрезе с площадью пыления около 70 га, прирост себестоимости добычи 1 тонны угля в размере 5 405 тенге составит 39,88 тенге или 0,74 %, что представляется приемлемым с точки зрения эффективности инвестиций. При этом маржа по операциям с углем, предназначенным на коммунальные нужды и составляющим более трети (34,8 %) всего объема добычи, снизится на 0,58 % и немного меньше снизится по операциям с углем, поставляемым на внутренние нужды промышленности (13 %). Причем маржинальность экспортных операций по углю (52,2 % всего объема добычи), ввиду кратного соотношения мировых цен на уголь по сравнению с внутренними, почти не изменится и не повлияет на прибыльность компании.

#### 2.3.5. Соотношение затрат и экологического результата

Для настоящего справочника по НДТ основным способом экономической оценки НДТ определен анализ расходования денежных средств предприятия на внедрение НДТ и достигаемый экологический результат от ее внедрения в виде снижения/предотвращения эмиссии загрязняющих веществ и/или сокращения отходов. Соотношение данных величин определяет эффективность вложенных средств на единицу массы/объема сокращаемого загрязняющего вещества и/или отходов в годовом исчислении.

Эффективность затрат =	Общие годовые затраты
	Годовое сокращение эмиссии

Под годовыми затратами понимается сумма капитальных (инвестиционных) затрат (расходов) в годовом исчислении (пересчет в годовом исчислении производится с коэффициентом годового пересчета, как функции срока службы оборудования и ставки дисконтирования.) и операционных (эксплуатационных) расходов, распределенных по всему сроку службы рассматриваемой техники.

При расчете годовых затрат применяется формула:

$$\text{Годовые затраты} = I_0 \left[ \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + OC$$

где:

$I_0$  – общие инвестиционные расходы в год приобретения,

OC – годовые чистые операционные расходы,

$r$  – ставка дисконтирования,

$n$  – ожидаемый срок службы.

Годовые затраты отражают объем инвестиций на проект внедрения НДТ с учетом временной стоимости капитала и сроком службы соответствующего оборудования.

Для правильного определения годовых затрат на НДТ должна быть применена согласованная ставка дисконтирования с учетом срока службы средозащитного оборудования, а также обеспечена достаточная детализация инвестиционных капитальных вложений и распределение по элементам эксплуатационных затрат.

Результат соотношения годовых затрат к достигнутому экологическому результату выражает объем денежных средств оператора НДТ в годовом исчислении, который расходуется на уменьшение эмиссии загрязняющего вещества на одну единицу массы/объема.

Сравнение полученных показателей соотношения затрат к достигнутому экологическому результату по различным техникам-кандидатам позволяет сделать вывод насколько экономически эффективна, с точки зрения денежных затрат предприятия на НДТ, та или иная техника-кандидат и, соответственно, принять решение об ее использовании или отказа от данной НДТ.

Как правило, перед внедрением НДТ планово-экономические/финансовые службы предприятия проводят технико-экономическое обоснование ее осуществимости. При этом применение НДТ может быть связано с большими затратами и не всегда приносить экономический эффект.

В качестве ориентировочных может быть приведен приемлемый уровень эффективности затрат мероприятий по сокращению выбросов на практике голландских предприятий (European Commission (2006) European IPPC Bureau, "Economics and Cross-Media Effects") [15].

Таблица 2.2. Ориентировочные справочные затраты на внедрение технологии из расчета на единицу массы загрязняющего вещества

--	--	--

№ п/п	Загрязняющее вещество	Евро на 1 кг снижения выбросов загрязняющих веществ
1	2	3
1	ЛОС	5
2	Пыль	2,5
3	NO <sub>x</sub>	5
4	SO <sub>2</sub>	2,5

### 2.3.6. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду

При экономической оценке НДТ может оказаться полезным расчет платежей, подлежащих к выплате за негативное воздействие на окружающую среду в соответствии с налоговым законодательством Республики Казахстан и экологических штрафов, установленных Административным кодексом Республики Казахстан.

В настоящее время на государственном уровне принимаются меры по стимулированию внедрения НДТ, в частности для предприятий, внедряющих НДТ, устанавливается нулевой коэффициент к ставкам платежей в бюджет, уплачиваемых за негативное воздействие на окружающую среду, и достигаемая экономия средств может стать решающим фактором для принятия решения о внедрении НДТ. Кроме того, с 2025 г., в целях активной реализации мер по защите окружающей среды и применения НДТ, к действующим ставкам платы за негативное воздействие на окружающую среду предприятиями I категории будет применяться повышающий коэффициент 2 (двукратное увеличение платежей), с 2028 г. – коэффициент 4 и с 2031 г. – коэффициент 8. [16]

Кроме ставок платежей, установленных налоговым законодательством на республиканском уровне, местные представительные органы (маслихаты) также имеют право повышать установленные ставки платы (за исключением выбросов загрязняющих веществ от сжигания попутного и/или природного газа в факелах), но не более, чем в 2 раза, и в настоящее время областные маслихаты почти всех регионов утвердили данное 2-кратное повышение.

Порядок и ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду на основании соответствующего экологического разрешения регулируются налоговым законодательством Республики Казахстан. [17]

Осуществление эмиссий без экологического разрешения на действующий объект, оказывающий негативное воздействие на окружающую среду, влечет штраф в размере десяти тысяч процентов от соответствующей ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду в отношении превышенного количества загрязняющих веществ. [18]

### 2.3.7. Расчет на установке

Процесс внедрения технологий по снижению содержания загрязняющих веществ, особенно на крупных промышленных предприятиях, часто является составной частью общего процесса модернизации или проведения комплексных мероприятий по повышению эффективности производства.

Для исключения влияния других инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта несет в ходе своей обычной производственной деятельности или реализации других инвестиционных проектов, сведения о затратах на первичные и вторичные мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду должны представлять только ту часть затрат, которую предприятие расходует на НДТ.

В таких условиях, для исключения влияния инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта осуществляет в ходе реализации таких мероприятий, объективными данными, используемыми для определения НДТ, являются данные о расходах на природоохранное мероприятие на установке, то есть направленные исключительно на сокращение и/или предотвращение эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду на данном технологическом этапе или средозащитной установке.

В расчетах на установке в общую сумму затрат включается:

стоимость основной технологии/установки/оборудования и других необходимых компонентов, являющихся неотъемлемой частью НДТ;

стоимость дополнительных и вспомогательных пред/после очистных технологий/установок/оборудования и сооружений;

стоимость необходимых расходных материалов, сырья и реагентов, без которых применение НДТ невозможно технологически.

Расчет на установке исключает фактор неопределенности при классификации общих расходов оператора объекта по статьям затрат, а также позволяет сравнить затраты предприятия на альтернативные НДТ по сопоставимым показателям. Такой же принцип используется при расчете выгод НДТ.

Конкретные примеры расчетов по экономической оценке НДТ для каждой отрасли просчитываются в рамках технико-экономического обоснования (ТЭО).

### **3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время**

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит описание основных технологических процессов и методов, а также их комбинаций, применяемых при добыче и обогащении угля.

В последующих разделах более подробно описываются этапы горнодобывающей деятельности в разбивке по технологическим этапам:

добыча угля открытым способом;  
 добыча угля подземным способом;  
 обогащение угля.

### 3.1. Добыча угля открытым способом

Разработка месторождений угля открытым способом – это совокупность взаимосвязанных технологических процессов. Угольные месторождения, по сравнению с большинством месторождений других полезных ископаемых, имеют свои особенности, определяющие специфику ведения основных производственных процессов при их разработке.

На рисунке 3.1 и таблице 3.1 приведены общая схема и основные этапы технологического процесса при добыче угля открытым способом. Также каждому основному производственному процессу соответствуют вспомогательные работы, которые позволяют планомерно осуществлять основной процесс или облегчают его.



Рисунок 3.1. Общая схема технологического процесса при добыче угля открытым способом.

Таблица 3.1. Основные этапы технологического процесса добычи угля открытым способом

№ п/п	Этап процесса	Основное технологическое оборудование
1	2	3
		Бульдозеры, буровые станки, вакуумные машины, передвижные

1	Подготовка горных пород к выемке	насосные установки, смесительно-зарядные машины, забочные машины, системы детонации, навесные рыхлители на тракторном шасси, бульдозерно-рыхлительные агрегаты, гидромониторы, кабелепередвижник
2	Выемочно-погрузочные работы (экскавация)	Экскаваторы (одноковшовые и многоковшовые), погрузчики, бульдозеры, скреперы и землеройно-транспортные машины
3	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов)	Карьерные самосвалы, грейдеры, скреперы, щелнеразбрасывающие машины, бульдозеры, локомотивы, полувагоны, шпалоподбивочные и ремонтные машины, краны на железнодорожном ходу, конвейеры, скипы, канатные дороги, кабелепередвижник
4	Складирование и отгрузка угля	Погрузчики, экскаваторы, погрузочные комплексы, система стационарных, передвижных и распределительных конвейеров, угольные галереи угольные склады, штабелеукладчики, усреднительные механизмы машины для обдувки вагонов от снега и обработки вагонов от примерзания
5	Осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение	Устройства для регулирования внутрикарьерного стока, водосборники, насосные установки, трубопроводы, кабелепередвижник
6	Природоохранные технологии	Стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки, поливооросительные машины, пылеулавливающие установки, пруды-отстойники, установки для хлорирования воды, биоокислительные каналы, нефтеловушки, отвалообразователи непрерывного действия, кабелепередвижник
7	Вспомогательные процессы	Водогрейные и паровые котлы, подстанции, трансформаторы, линии электропитания, станки, краны, резервуары и иное оборудование

### **3.1.1. Подготовка карьерного поля к разработке**

Разработка новых месторождений или очередных участков карьерного поля начинается с подготовки поверхности. Она заключается в проведении специальных, иногда дорогостоящих и крупных инженерных работ, связанных с удалением искусственных и естественных препятствий (отвод рек, ручьев, в некоторых случаях озер, вырубке леса, ограждение карьерного поля от стока поверхностных вод посредством сети дренажных канав, дамб обвалования). Подготовка поверхности включает также удаление и складирование для последующего использования почвенного слоя (смотреть п.3.1.2), выравнивание поверхности, создание специальных площадок для монтажа горного оборудования, строительство временных и постоянных производственных, служебных и жилых зданий и сооружений, сооружение первичных подъездных автомобильных или железных дорог к горным участкам и отвалам. обеспечение предприятия электроэнергией и т. д.

### **3.1.2. Снятие и складирование плодородного слоя почвы**

В соответствии с основными положениями по восстановлению земель предприятия, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым способом, а также проводящие другие работы, вызывающие нарушение почвенного покрова ( механическое повреждение, загрязнение, затопление), обязаны снимать и транспортировать к месту укладки (или временного хранения) плодородный слой почвы и наносить его на восстанавливаемые земли или малопродуктивные угодья.

Горнотехническая рекультивация земель, нарушенных горными работами, начинается со снятия плодородного слоя почвы на всех площадях, отведенных под производственные объекты предприятия. Снятие плодородного слоя почвы с использованием бульдозеров различных моделей является наиболее распространенным . Плодородный слой снимается последовательными заходками, и создается временный почвенный штабель. Погрузка почвы производится экскаваторами или погрузчиками в транспортные средства. Бульдозер работает по следующей схеме: машина срезает и перемещает слой почвы в штабель на расстояние, не превышающее оптимальное расстояние транспортирования, исходя из конструктивных особенностей оборудования , а затем возвращается в исходное положение, и цикл повторяется.

При наличии автотранспорта его целесообразно использовать для перевозки плодородного грунта. В этом случае снятый бульдозером плодородный слой собирается в штабель с последующей погрузкой в транспорт погрузчиком. Съём плодородного слоя почвы и погрузку его в автотранспорт можно осуществить погрузчиками на гусеничном или пневмоколесном ходу. Погрузчики обладают большой маневренностью, высокой производительностью и применяются на выемочно-погрузочных работах в разрезе. По техническим параметрам погрузчик



может снимать плодородные слои почвы и укладывать их в штабель с последующей погрузкой в транспорт. При использовании погрузчиков площадь, отведенная для съема почвы, разрабатывается отдельными участками. Обычно длина участка не превышает 100 м. Складирование плодородного слоя почвы осуществляется во временные отвалы.

Снятие и складирование плодородного слоя почвы осуществляется в соответствии с требованием действующего законодательства Республики Казахстан. Временные отвалы плодородного слоя почвы размещаются в основном поперек склонов, что препятствует выносу плодородного слоя почвы ливневыми потоками за пределы участка, смыву и размыву участка складирования. Снятие, транспортировка и складирование плодородного слоя почвы выполняются в период естественного увлажнения почвы, что исключает пыление. В случае длительного хранения производится засев поверхности отвала семенами многолетних трав.

Основным фактором загрязнения атмосферного воздуха при процессе снятия, складирования и транспортировки плодородного слоя почвы является пыление.

### **3.1.3. Вскрытие и система разработки карьерного поля**

Вскрытием называется комплекс мероприятий по проведению горных выработок, обеспечивающих транспортную связь горизонтов разреза между собой и с поверхностью, и служащих для создания первоначального фронта работ уступов с земной поверхностью.

Вскрытие карьерных полей может осуществляться: траншейным и бестраншейным способами. Варианты способов вскрытия, системы и схем вскрывающих выработок в целом оцениваются по видам, числу и объему вскрывающих выработок, затратам на их проведение, по продолжительности строительства разреза и подготовки отдельного горизонта, по расстоянию транспортирования, расходам на транспорт, использованию этих выработок в целях осушения, водоотлива или проветривания разреза, а в некоторых случаях – для разведки месторождения или подготовки к последующей подземной разработке. При выборе способов, систем и схем вскрывающих выработок определяющее значение имеют: рельеф поверхности, размеры разреза в плане и по глубине, возможный порядок разработки пластов, грузооборот разреза и его разделение на грузопотоки, элементы залегания угольных пластов, пространственное положение, различных по своим качественно-количественным показателям, полезного ископаемого. От принятых решений зависят общие объемы горно-капитальных и горно-подготовительных работ в период эксплуатации, календарный план подготовки и разработки залежей на различных горизонтах показатели использования горного, транспортного оборудования в период эксплуатации и производственная мощность предприятия.

Способы вскрытия и система вскрывающих выработок органически связаны с применяемой системой разработки и ее параметрами. Под системой открытой разработки месторождения понимается установленный порядок выполнения во времени и в пространстве горно-подготовительных, вскрышных и добычных работ и последовательность выполнения открытых горных работ в пределах карьерного поля или его участка. Системы открытой разработки определяют тип горнотранспортного оборудования, главные параметры разреза и его основные элементы, а также технико-экономические показатели работы разреза в целом. Правильный выбор системы разработки обеспечивает экономичную и безопасную разработку при рациональном использовании запасов месторождения и охрану окружающей среды.

К элементам системы разработки относят уступы, фронт работ уступа и разреза, рабочую зону разреза, рабочие площадки, транспортные и предохранительные бермы. Параметры элементов системы разработки (высота уступов, ширина рабочих и нерабочих площадок, длина фронта работ, скорость подвигания фронта работ, размеры панелей и заходок и др.) взаимосвязаны с рабочими параметрами и мощностью комплекса оборудования.

Основные показатели системы разработки: скорость подвигания уступов, скорость углубки разреза, производительность с единицы угольного и породного фронтов работ, производительность с  $1 \text{ м}^2$  рабочей зоны (вскрышной, добычной). Основные показатели системы разработки: скорость подвигания уступов, скорость углубки разреза, производительность с единицы рудного и породного фронтов работ, производительность с  $1 \text{ м}^2$  рабочей зоны (вскрышной, добычной).

На угольных предприятиях Республики Казахстан, осуществляющих добычу угля открытым способом, наибольшее распространение получили транспортные системы разработки карьеров, при которых перемещение пород во внутренние (расположенные в выработанном пространстве) или внешние (расположенные за границами разреза) отвалы производится железнодорожным, автомобильным, конвейерным, и комбинированным транспортом.

Большинство угольных разрезов Казахстана ("В" и "С") разрабатываются по углубочной продольной одно- или двухбортной системе, что влечет за собой размещение части вскрышных пород во внешних отвалах. Анализ работы угольных разрезов в ряде зарубежных стран (Австралия, Великобритания, Канада, Колумбия, США) показывает, что применение поперечной системы разработки с применением внутренних отвалов обеспечивает более низкую землеемкость чем углубочная продольная система. Теоретически переход от применения внешнего отвала к использованию внутреннего может привести к снижению землеемкости разреза в 1,5 – 2 раза. [6]

### 3.1.4. Вскрышные и добычные работы

В настоящее время применяют три основные технологические схемы разработки полезных ископаемых открытым способом: экскаваторный, гидравлический и комбинированный (их сочетание).

Первый способ универсален, он основан на применении различных выемочных машин, транспортных средств и способов рыхления пород и полезного ископаемого. Посредством его выполняется до 98 % объемов горных и массовых земляных работ. Второй способ, основанный на использовании энергии струи воды, которая выбрасывается из гидромонитора, находит применение на вскрышных работах при породах, легко поддающихся размыву и транспортированию водой; при наличии источников воды, дешевой электроэнергии в значительных количествах, больших площадей, для организации гидроотвалов. Независимо от применяемой технологической схемы на карьерах выполняют вскрышные и добычные работы.

Вскрышные и добычные работы один из основных технологических процессов открытых горных работ, включают следующие процессы: подготовку горных пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, перемещение горной массы из забоев на поверхность, отвальные работы для складирования вскрышных пород и складские работы для полезного ископаемого.

Вскрышные работы ведутся для создания первоначального фронта добычных работ на начальном этапе разработки разреза и в период эксплуатации для сохранения и развития этого фронта. Вскрышные породы, не содержащие полезных компонентов, удаляются во внешние или внутренние отвалы. В случае если вскрышные породы пригодны в строительной сфере (песок, глина, известняк и так далее), то они могут направляться на дальнейшую переработку в виде дробления и сортировки или реализовываться сторонним потребителям. [19]

Вскрышные работы подразделяются на горно-капитальные и текущие.

Горно-капитальные вскрышные работы в основном выполняются на разрезе до его ввода в эксплуатацию на пусковую мощность и к ним относятся работы, связанные с удалением вскрышных пород, а также включают возведение первоначальных отвальных насыпей. После ввода в эксплуатацию к горно-капитальным вскрышным работам также будут относиться работы по проходке капитальных траншей и полутраншей, тоннелей, рудоспусков и т. д. При реконструкции и расширении разреза к горно-капитальным вскрышным работам относятся проходка постоянных вскрывающих выработок и удаление пустых пород в объеме, определенном технико-экономическими расчетами.

Текущие вскрышные работы производятся на предприятии в период его эксплуатации. Это работы по зачистке вскрытых запасов полезных ископаемых, проведению очередных участков разрезных траншей на вскрытых уступах (для

увеличения длины фронта работ), удалению покрывающих и вмещающих пустых пород в отвалы.

В настоящее время выемочно-погрузочные работы по отработке вскрыши разреза "В" на верхней и средней вскрышных зонах выполняются в комплексе с ж.-д. транспортом одноковшовыми экскаваторами-мехлопатами ЭКГ-6,3У; ЭКГ- 12,5; ЭКГ-12УС; ЭКГ-15.

Отработка нижней вскрышной зоны ведется одноковшовыми механическими и гидравлическими экскаваторами: ЭКГ-12,5; R-994BE; R-9350 с погрузкой в автосамосвалы типа БелАЗ-75131 (130 т).

Авто-конвейерный комплекс нижней вскрышной зоны транспортирует вскрышу к дробильно-перегрузочным пунктам 2-х циклично-поточных вскрышных комплексов.

На вспомогательных работах в разрезе на вскрышных и угольных уступах применяются бульдозеры типа TD-40, TD-15Н.

Добычные работы, т. е. работы по извлечению полезного ископаемого, производят после того, как в результате вскрышных работ будет обнажено полезное ископаемое и пройдена по нему разрезная траншея.

Конкретная технология и механизация добычных работ определяется горно-геологическими условиями месторождения, производительностью разреза по полезному ископаемому и технологией вскрышных работ.

Отработка угольных горизонтов разреза "В" ведется по блочной схеме четырьмя роторными экскаваторами типа SRs (к)-2000 (4 шт.) при высоте уступов до 25,0 м и шириной заходки 50,0 м. Погрузка отрабатываемого угля ведется роторными экскаваторами на конвейерный транспорт – забойные конвейеры (КЛЗ № 1÷№ 4), либо с применением перегружателей: забойных – BRs (к)-2000.65 (4 шт.); межуступных – SFB-R(k)-1800.25; ARs(k) – 5500.95.

Добычные работы на другом участке разреза "В" предусматривается выполнять роторным экскаватором SRs (К)-2000 в комплексе с забойным перегружателем BRs(К)-2000.65 и межуступным перегружателем ARs(К) - 5500.95.

Подготовка горных пород к выемке, т. е. разупрочнение пород перед выемкой, которое выражается в разделении массива различными способами на части, удобные для последующей выемки и погрузки, производится при помощи буровзрывных работ или непосредственно экскаваторами.

Таблица 3.2. Общие сведения о технологии отработки и типах применяемого оборудования на разрезах по добыче угля

№ п/п	Наименование предприятия	Типы выемочных машин на вскрышных и добычных работах	Технические характеристики, определяющие степень воздействия на окружающую среду

1	2	3	4
1	A	ЭКГ-8И, ЭКГ-10, ЭКГ-12,5, ЭШ-13/50, ЭШ-11/70	Массогабаритные размеры Давление на грунт
2	B	ЭКГ-6,3У; ЭКГ-12,5; ЭКГ-12УС; ЭКГ-15, R-994BE; R-9350	Тип, объем и мощность двигателя внутреннего сгорания
3	C	ЭКГ-5А, ЭКГ-8И, ЭКГ-4У, EX-1900, EX3600	Тип используемого топлива Расход топлива Угол поворота экскаватора Объем ковша Механизм хода (гусеничный или колесный) Наличие системы пылеподавления Продолжительность рабочего цикла Гидравлическая система Потребляемая мощность электродвигателей Ресурс до капитального ремонта Показатели по шуму, вибрации

Из таблицы видно, что в качестве выемочных машин для разработки месторождений используются экскаваторы типа ЭКГ, ЭШ и гидравлические экскаваторы различных производителей.

### 3.1.5. Буровзрывные работы (подготовка горных пород к выемке)

Буровзрывные работы представляют собой комплекс работ, связанных с подготовкой скального массива пород к экскавации.

Прочность угля, как и верхних слоев пород очень высокая, в связи с чем механическая подготовка массива нецелесообразна и малоэффективна, а порой технически невозможна, так как современным канатным, реечным или гидравлическим экскаваторам не хватает усилия на ковше для разрушения скального массива пород. Поэтому подготовка к экскавации плотных, рыхлых, смерзшихся или скальных горных пород к выемке, а также отработке угля и вскрыши производится с применением буровзрывных работ.

Буровзрывные работы включают в себя два этапа:

- буровые работы;
- взрывные работы.

## Буровые работы

Предварительным этапом буровых работ является подготовка блока на уступе, состоящая из операций по выравниванию площадки под бурение, уборке предохранительного вала у верхней бровки, формированию предохранительного вала либо траншеи (при необходимости) у нижней бровки уступа и зачистке блока. Обычно данный этап работ осуществляется бульдозерами или другой вспомогательной техникой.

Бурение скважин и шпуров – процесс образования в массиве горных пород искусственных цилиндрических полостей небольшого поперечного сечения с помощью бура или другого породоразрушающего инструмента. Процесс бурения заключается в последовательном разрушении пород на поверхности забоя скважины (шпура) и извлечении продуктов разрушения на поверхность.

Бурение скважин на открытых горных работах осуществляется при помощи буровых станков. По типам действия буровые станки для буровзрывных работ на разрезах подразделяются на:

станки вращательного действия;

станки ударно-вращательного действия, главным образом с использованием погружных пневмоударников.

Ряд станков имеет возможность осуществлять как вращательное, так и ударно-вращательное бурение.

При проведении буровзрывных работ на угольных разрезах бурят скважины глубиной до 64 м и диаметром до 400 мм.

Буровые станки могут оснащаться как электрическим, так и дизельным двигателем. Все буровые станки оснащаются циклонной системой пылеулавливания.

По данным КТА на угольных разрезах "А", "В" и "С" горные работы ведутся с предварительной буровзрывной подготовкой. На добычных и вскрышных работах производится бурение взрывных скважин буровыми станками марки DM45LP, DML LP, СБР-160 с диаметром буровых долот 175 и 215,9 мм.



а - Flexi Rock, б - DM45LP

Рисунок 3.2. Буровые станки, используемые на разрезах

### Взрывные работы

В настоящее время на всех угольных разрезах используется буровзрывной способ рыхления массива, основанный на методе скважинных зарядов. с развалом пород и в сжатой среде на встряхивание без нарушения структуры забоя. Способ взрывания – короткозамедленный. Основные типы взрывчатки – это аммиачно-селитренные бестротиловые гранулиты и граммониты, а также водонаполненные компоненты для скважин с обводнением.

Сущность метода скважинных рядов заключается в размещении ВВ в наклонных или вертикальных скважинах, пробуренных буровыми станками, в массиве пород с забойкой (заполнением) верхней части инертными материалами из песка, буровой мелочи или забоечного материала специального состава.

К взрывным работам на угольных разрезах предъявляются технологические требования: безопасности и экономичности; обеспечения достаточной степени дробления при сохранении сортности и качества полезного ископаемого; соответствия размеров и формы развала взорванной породы параметрам применяемого горно-выемочного и транспортного оборудования; обеспечения бесперебойной и производительной работы разреза.

Выполнение требований по эффективному ведению БВР на разрезах достигается правильным выбором методов и параметров взрывных работ и рациональной их организацией. Эффективность буровзрывных работ в значительной мере зависит от правильного выбора ВВ, который должен производиться с учетом ряда

производственных, геологических, гидрогеологических, технических и экономических факторов.

При ведении взрывных работ на угольных уступах стремятся максимально сохранить структуру массива, что при выемке угля позволяет успешно вести селективную разработку, добиваясь снижения засорения и потерь угля. Такие результаты достигаются при взрывании без развала или с минимальной его шириной.

Разработка добычных и вскрышных уступов (кроме верхнего горизонта) на разрезе "В" ведется с применением буровзрывных работ (БВР). Взрывание выполняется на "развал" с максимальным объемом фракционного раздробливания. В настоящее время на разрезе в качестве взрывчатых веществ (ВВ) применяют: Fortis Extro 70, Senatel Magnum. Выход негабаритов, согласно нормативным данным, исходя из геометрических параметров ковша экскаватора и категории пород по взрываемости, может составить менее 1,5 % от взрывной горной массы. В качестве основного способа дробления негабаритов проектом рекомендуется дробление гидромолотом ЕК-270, с замещением на ЕК-330. Для зарядания взрывных скважин предусматривается применение универсальных пневмозарядных машин типа МЗ-ЗБ; для забойки – забоечные агрегаты типа ЗС – 1М.

### **3.1.6. Выемочно-погрузочные работы (экскавация)**

Выемочно-погрузочные работы представляют собой отделение от массива мягкой или предварительно разрыхленной крепкой породы с последующей погрузкой в транспортные средства или непосредственно в места хранения (отвалы, спецплощадки и др.).

Основным средством для проведения выемочно-погрузочных работ являются экскаваторы, иногда применяется и другая техника (скреперы, бульдозеры, погрузчики и т. д.). По эксплуатационному назначению и роду выполняемой работы существующие типы экскаваторов классифицируют на карьерные, вскрышные, добычные, строительные и т. д.

Экскаваторы могут быть одноковшовыми и многоковшовыми. Одноковшовые экскаваторы характеризуются циклическим действием – они последовательно выполняют операции копания и перемещения горной массы в ковше, поворачиваясь вокруг своей оси. Многоковшовые экскаваторы характеризуются непрерывным действием – они производят выемку и погрузку горной массы в процессе перемещения ковшей по круговой траектории.





Рисунок 3.3. Виды экскаваторов, применяемых на открытых горных разработках

За исключением экскаваторов при выемочно-погрузочных работах, могут применяться: погрузчики, бульдозеры, скреперы и землеройно-транспортные машины. Преимущественно они используются на вспомогательных работах (строительство дорог, подготовка рабочих и отвальных площадок), но иногда могут применяться и для погрузки угля и вскрышных пород. Скреперы могут также использоваться для выемки мягких пород с транспортировкой их на небольшое расстояние. Обычно погрузчики и скреперы применяются для выемки пород на небольших, по производственной мощности, разрезах и незначительным расстоянием транспортировки.

### 3.1.7. Транспортировка горной массы и карьерных грузов

Транспортирование породы и угля является одним из важнейших технологических процессов при открытой разработке месторождений ввиду огромного количества перемещаемой горной массы. Перемещение горной массы (вскрышной породы и угля) от забоя до пунктов разгрузки может осуществляться с применением трех основных видов транспорта: автомобильного, железнодорожного и конвейерного.



а - железнодорожным, б- автомобильным и в - конвейерным транспортом

Рисунок 3.4. Основные вида транспортировки вскрышных пород и угля

На ряде месторождений Казахстана применяется комбинированная транспортировка, которая предполагает последовательное использование для перемещения карьерных грузов различных видов транспорта [6]. Существует несколько вариантов комбинирования транспорта.

Широкое распространение получила комбинация автомобильного и железнодорожного транспорта, при которой горная масса доставляется автотранспортом из забоев до перегрузочных пунктов, а оттуда – железнодорожным транспортом на поверхность земли. Данная комбинация целесообразна при средней глубине разреза (120 – 150 м) и большом расстоянии транспортировки. [20]

### **Автомобильный транспорт**

Автомобильный транспорт распространен на угольных разрезах достаточно широко, особенно на тех из них, что ограничены в плане и обладают невысокой производительностью (до 15 млн т/год). Автомобильный транспорт может использоваться на путях с крутым подъемом (до 8 – 12 %) и малым радиусом поворота (20 – 24 м). С другой стороны, автотранспорт отличается рядом недостатков:

меньшая грузоподъемность в сравнении с железнодорожными составами;

необходимость создания гаражной службы с большим количеством соответствующего персонала;

относительно частый ремонт техники и ограниченный срок службы (5 – 6 лет);

более высокие удельные затраты на транспортировку одной тонны горной породы; зависимость от погодных условий.

Подвижной состав автомобильного транспорта в разрезах представлен автосамосвалами и полуприцепами.

Автосамосвалы обычно оснащаются ДВС на дизельном топливе (расход топлива повышается в плохих дорожных условиях, при низкой температуре), тип трансмиссии может быть гидромеханический или электромеханический. Эффективность использования автотранспорта зависит от схемы движения автосамосвалов в забое. В определенных случаях возможно осуществить спаренную установку самосвалов под погрузку, что обеспечивает более высокую производительность.

При транспортировке угля автомобильным транспортом требуется проведение работ по ремонту автодорог. Для этой задачи применяются бульдозеры, грейдеры, скреперы и щебне разбрасывающие машины (с лепестковым или барабанным разбрасывателем щебня).

### **Железнодорожный транспорт**

Железнодорожный транспорт, как правило, применяется на неглубоких (до 300 – 350 м), но больших в плане угольных разрезах (с протяженностью фронта на уступах от 300 – 500 м) с высокой производительностью (от 25 млн т/год) и большим расстоянием транспортировки грузов (3 – 4 км и более). Преимуществами этого вида транспорта являются:

длительные сроки эксплуатации;  
надежность при работе в любом климате;

возможность использования различных видов энергии (электроэнергии или дизельного топлива).

Применение железнодорожного транспорта ограничивается рядом недостатков:  
высокие затраты на строительство и ремонт рельсовых путей;  
необходимость большого радиуса закругления путей (120 – 150 м);  
ограниченный уклон путей (обычно до 2 – 3 %, реже до 40 – 60 %).

Для обслуживания железнодорожных путей используются различные путевые машины: думпкары-дозаторы, универсальные шпалоподбивочные и ремонтные машины, краны на железнодорожном ходу.

В качестве локомотивов используются тепловозы, тяговые агрегаты (сцепленные секции локомотивов и думпкаров, оборудованных тяговыми электродвигателями), маневровые устройства, способные передвигать железнодорожные вагоны в обоих направлениях, и толкатели, предназначенные для привода механизмов автоматики.

Для карьерного транспорта могут применяться три типа саморазгружающихся вагонов: думпкары, хопперы и гондолы. Думпкары представляют собой вагон с низкими бортами, один из которых может откидываться при наклоне кузова. Грузоподъемность думпкаров может составлять 60 – 180 тонн. Хопперы оснащены кузовами в форме воронки с люками в нижней части. Грузоподъемность хопперов составляет 50 – 70 тонн. Вагон-гондола представляет собой полувагон с горизонтальным полом и люками в днище. Грузоподъемность гондол составляет 60 – 100 тонн.

### **Конвейерный транспорт**

Конвейерный транспорт целесообразен на высокопроизводительных разрезах (20 – 30 млн т/год), где используются экскаваторы непрерывного действия, а также на разрезах с большой глубиной (от 150 – 200 м), с пересеченной местностью и для транспортировки грузов на относительно большие расстояния (от 3 до 20 км).

Конвейер характеризуется наименьшими трудозатратами среди всех видов карьерного транспорта. Однако его применение характеризуется рядом ограничений:

перемещаемые грузы должны быть однородны, отличаться невысокой абразивностью и малой крупностью (до 500 мм);

ограниченный угол подъема (до 22°);

быстрый износ транспортной ленты.

Длина става конвейера с одним приводом может составлять 400 – 1500 м, ширина транспортной ленты – от 0,9 до 3,6 м. Скорость движения конвейеров составляет 2 – 6 м/с. Производительность конвейеров может составлять от 500 до 5000 м<sup>3</sup>/ч.

По назначению конвейеры могут быть забойными, подъемными, магистральными и отвальными.

### **Прочие виды транспорта**

В редких случаях для транспортировки угля и вскрышных пород могут использоваться скипы (опрокидывающие вагонетки) или канатные дороги.

### **3.1.8. Отвалообразование и складирование**

Отвалообразование и складирование являются заключительными технологическими процессами в разработке горных пород на угольных разрезах. Насыпь пустых пород называется породным отвалом, насыпи пород плодородного слоя, некондиционных углей и полезного ископаемого – складами или спецотвалами.

#### **3.1.8.1. Обращение со вскрышными породами**

Породные отвалы устраивают до начала производственных работ и различают по месторасположению относительно контура разреза, числу ярусов отсыпки и средствам механизации отвальных работ, которые гарантируют безопасное с точки зрения здоровья и окружающей среды складирование производственных отходов. При разработке горизонтальных и пологих месторождений отвалы располагают в выработанном пространстве внутри контура разреза. Эти отвалы называются внутренними. При разработке наклонных и крутых месторождений отвалы располагают на поверхности за контуром разреза, поэтому они называются внешними. Отвалы отсыпают в один или несколько ярусов. Высота яруса определяется устойчивостью, которая зависит от свойств складироваемых пород, рельефа поверхности, гидрогеологических, климатических условий и технологии отвалообразования.

Отвалообразование мягких горных пород при конвейерном транспорте производится транспортно-отвальными мостами, консольными отвалообразователями, при железнодорожном транспорте – драглайнами, при автомобильном транспорте – бульдозерами.

Не отвечающие в настоящее время требованиям кондиций или потребителей угли могут укладываться в отдельные отвалы. Технология отвалообразования и комплексная механизация аналогичны отвалообразованию пустых пород. Аналогично складировются попутные полезные ископаемые, неиспользуемые в данный момент потребителем.

Образующиеся отходы вскрышных и вмещающих пород, буровые шламы и другое, размещаются на территории предприятия и могут быть источником загрязнения почвенного и растительного покрова, поверхностных водных объектов и грунтовых вод

Складирование вскрышных пород на внешних и внутренних отвалах разреза "А" осуществляется одноковшовыми экскаваторами типа ЭКГ - 8И, ЭКГ - 10, ЭКГ - 12,5, ЭШ - 13/50, ЭШ - 11/70 и бульдозером САТ D10Т.

Складирование пород вскрыши разреза "В" производится на трех внешних отвалах. Складирование вскрыши на внешних железнодорожных отвалах осуществляется экскаваторами-мехлопатами типа: ЭКГ-12,5; ЭКГ-10 и экскаваторами-драглайнами ЭШ-13/50. Вывоз вскрыши на отвал осуществляется автомобильным транспортом, электрифицированным ж.-д. транспортом, тяговыми агрегатами ОПЭ-1 в думпкарах 2ВС-105 грузоподъемностью 105 тонн. Также формирование одного из отвалов ведется отвалообразователем ARs-B(k)-5000.50 двумя ярусами (с нижней и верхней отсыпкой) с одного положения отвального забойного конвейера. На формировании нового внешнего отвала планируется использовать отвалообразователь немецкой фирмы "Thyssen Krupp" ARs 2000/(80 – 60)x27. В комплексе с конвейерами на вспомогательных работах используется бульдозер Dressta TD-25, Dressta TD-40, Dressta TD-15H.

На предприятии С отвалообразование на внешние и внутренние отвалы осуществляется тяжелыми бульдозерами типа Dressta TD-25 и CAT D9R. На внешние отвалы вывозится вскрыша, отрабатываемая по транспортной схеме, с верхней и средней вскрышной зоны. Во внутренний отвал складировается вскрыша нижней вскрышной зоны. В отвалы вскрыша отрабатывается только по транспортной схеме. Перевозка породы на отвалы осуществляется автосамосвалами (грузоподъемностью 45, 60, 90, 130, 220 и 185 т). Во внутреннем отвале размещается до 70 % всей вскрыши.

### **3.1.8.2. Складирование и отгрузка угля**

#### **Складирование угля**

Складирование угля на складах в большинстве своем осуществляется в открытых штабелях (реже – в бункерах и закрытых складах). На складе должно осуществляться раздельное хранение углей по сортомаркам, состоянию и срокам хранения.

Контроль качества угля осуществляется с помощью лабораторного комплекса, который проводит анализ изменения состава и параметров угля и продуктов обогащения.

При строительстве и эксплуатации штабелей должны быть учтены все условия, обеспечивающие сохранение качества угля и максимальное снижение потерь. Для сооружения склада следует выбирать сухую незаболоченную площадку, по возможности вблизи железнодорожных путей и защищенную от ветров естественными или искусственными заслонами (кроме того, штабель на складах следует располагать вдоль направления господствующих ветров). Выбранная для склада площадка должна быть очищена от шлаков, мусора, металлолома, древесных отходов, растительности и других посторонних предметов и хорошо выровнена. Площадка для складирования угля должна быть спланирована таким образом, чтобы исключить ее затопление дождевыми, талыми или грунтовыми водами (площадка под складом должна иметь

уклон в 3 – 5° для стока воды за пределы склада, могут также устраиваться специальные подштабельные основания). Также площадка должна быть снабжена дренажными устройствами для отвода грунтовых, дождевых и талых вод.

Для складирования устойчивых к окислению углей рекомендуется устройство прочных забетонированных оснований, исключающих потери угля в грунт и обеспечивающих хороший отвод тепла. Для малоустойчивых к окислению углей площадки под штабеля рекомендуются в виде естественного грунта, обеспечивающего хорошую теплоотдачу от угля в почву, относительно быстрое удаление атмосферных осадков, а также хороший контакт угля с основанием, что затрудняет свободный подсос воздуха в штабель.

Наиболее рациональной является форма штабеля в виде правильной усеченной пирамиды с основанием в виде вытянутого прямоугольника. Также возможно формирование штабелей удлиненной или округлой формы. Размеры штабеля зависят от применяемых способов укладки (для рядовых углей – с послойным и поверхностным уплотнением, для сортовых – без уплотнения), а также от свойств и сроков хранения угля. По мере роста склонности углей к окислению и самовозгоранию максимальная допустимая высота штабелей сокращается до 2,5 м. Ширина штабеля из бурых и каменных углей должна быть не более 20 м.

Противодействие нагреву и самовозгоранию.

В процессе хранения угля происходит его окисление, нагревание и изменение технологических свойств. Предельные сроки хранения угля в штабелях составляют от 6 до 24 мес. При закладке рядового угля на длительное хранение необходимо производить уплотнение горизонтальных поверхностей штабеля и откосов, в особенности в их нижней части.

Для предупреждения нагревания и самовозгорания при хранении наиболее склонных к окислению углей (помимо послойного и поверхностного уплотнения их в штабеле для рядовых углей) рекомендуется:

внесение ингибиторов (антиокислителей в виде растворов, водных эмульсий, суспензий или сухих реагентов) в процессе формирования штабелей с послойным и поверхностным уплотнением угля или с помощью специальной насосной установки через трубы с отверстиями, погружаемые в штабель;

покрытие поверхности штабеля специальными составами равномерное смачивание угля при его закладке в штабель водной суспензией гашеной извести концентрации не более 3 %. Зольность при этом должна возрастать не более чем на 0,06 %. [21]

Не допускается:

устанавливать в штабелях вентиляционные каналы или вытяжные трубы с целью охлаждения;

складировать уголь свежей добычи на старые отвалы угля, пролежавшего более одного месяца;

располагать штабели угля над источниками тепла (паропроводы, трубопроводы горячей воды, каналы нагретого воздуха), а также над проложенными электрокабелями и нефтегазопроводами;

смешивать в одном штабеле угли разных марок.

Угли с содержанием влаги более 6 – 7 % и при содержании мелочи более 20 % независимо от марки подвержены промерзанию в штабеле на глубину 0,5 – 2 м в зависимости от климатических условий.

На предприятиях, рассматриваемых в рамках проведения КТА, не применяются методы по противодействию нагрева и самовозгоранию угля, в связи с отсутствием необходимости. [6]

Противодействие смерзанию.

Для предотвращения смерзания углей осуществляют:

взрыхление верхнего слоя штабеля с помощью машин-рыхлителей или других приспособлений до наступления заморозков или после заморозков, если толщина промерзания не превысила 100 – 150 мм;

обработку верхнего слоя угля до заморозков поверхностно-активными веществами (нефтепродуктами, отходами коксохимического и нефтеперерабатывающего производств) на глубину промерзания.

На предприятиях, рассматриваемых в рамках проведения КТА, не применяются методы по противодействию смерзанию угля, в связи с отсутствием необходимости. [6]

Отгрузка угля.

Отгрузка угля с открытых складов может производиться как универсальным оборудованием (экскаваторами, погрузчиками), так и специализированным – погрузочными комплексами. Погрузочные комплексы характеризуются высокой производительностью (до 2 млн т/год, или 500 т/ч) и потому часто применяются для погрузки угля в железнодорожные вагоны.

Погрузочные комплексы могут включать в свой состав дробильные и сортировочные установки. Обычно оборудование комплексов позволяет выполнить следующие операции:

загрузку рядового угля экскаваторами с открытого склада в приемный бункер;

сортировку угля на колосниковом грохоте;

дробление угля;

доставку угля наклонным конвейером;

сортировку угля на инерционном грохоте;

погрузку в железнодорожные вагоны.

Кроме того, при отгрузке угля в железнодорожные вагоны могут применяться машины для обдувки вагонов от снега и обработки вагонов от примерзания.

Контроль качества угля.

Контроль качества угля разрезах осуществляют по пробам угля, отобранным из пластов. В лабораториях для оценки качества угля применяется много вспомогательного оборудования: дробилки, делители проб, истиратели, просеивающие машины, сита, грохоты, печи, сушильные шкафы, питатели, центрифуги, встряхиватели и т. д.

Непосредственно для контроля качества угля применяется многочисленное измерительное оборудование, в том числе: калориметры, влагомеры, анализаторы зольности, серы и углерода, анализаторы термогравиметрические, пластометрические аппараты и т. д. [22]

### **3.1.9. Карьерный водоотлив, осушение, водоотведение и водоснабжение**

При открытой разработке карьерный водоотлив включает в себя устройства для регулирования внутрикарьерного стока, водосборники, карьерные насосные станции с водоотливными установками и с нагнетательными трубопроводами.

Система осушения разреза представляет собой комплекс мер, направленных на удаление из карьерного пространства поступающих подземных вод, атмосферных осадков и инфильтрационных вод (технологические воды).

Устройства для регулирования внутрикарьерного стока включают пригрузки для предотвращения деформаций рыхлых пород на участках просачивания подземных вод на откосах, систему нагорных и водоотводных канав или труб для сбора воды на всех уступах и в выработанном пространстве и отвода воды вначале к участковым, а затем к главным водосборникам.

В зависимости от местоположения главных водосборников карьерный водоотлив разделяется на открытый, подземный и комбинированный, включающий элементы открытого и подземного.

При открытом водоотливе водосборники с насосными станциями располагают на самых низких отметках разреза. Насосные станции сооружают у водосборников и оборудуют водоотливными установками, производительность которых должна обеспечивать откачку максимального суточного притока воды, дополнительно предусматриваются резервные насосы. В районах, где притоки ливневых вод могут в несколько раз превышать нормальные, насосы главных водоотливов выполняют плавучими. При открытом водоотливе на обводненных разрезах применяют в основном высокопроизводительные низконапорные насосы. Нагнетательные трубопроводы прокладываются на нерабочих бортах карьеров. В зимнее время водоотливные установки, нагнетательные трубопроводы, а также водоотводные канавы защищаются от промерзания.

При подземном водоотливе в карьере вода перекачивается или отводится в специальные дренажно-водоотводные выработки (штреки), пройденные с уклоном в сторону водосборника с насосной камерой, откуда она откачивается насосами на



поверхность через водоотливные стволы или скважины в поверхностные водотоки или водоемы. При этом используются в основном те же насосы, что и при шахтном водоотливе.

Для водоотвода применяются насосные установки с дизельными или электрическими двигателями, обычно оснащаемые центробежными насосами. Подача воды центробежными насосами может превышать 1 тысяч м<sup>3</sup>/ч.

Водоснабжение в угольных разрезах осуществляется для обеспечения орошения и иных методов предотвращения загрязнения атмосферного воздуха, а также для обеспечения противопожарной защиты. Карьерные воды могут использоваться предприятием для подпитки системы оборотного водоснабжения.

Осушение разреза "А" осуществляется дренажным комплексом, включающим подземные горные выработки и систему восстающих скважин, служащих для стока воды в водосборники околоствольного двора, наклонного и вертикального ствола. Дренажная вода по системе выработок поступает в водосборник, отстаивается от взвесей и по мере заполнения автоматически включающимися насосами ЦНС 300 – 480 и ЦНС 300 – 420 подается на поверхность и далее по трубопроводам поступает в бессточное озеро-накопитель.

Осушение карьерного поля разреза "В" производится участком дренажа и открытого водоотлива. Технология проведения работ предусматривает разработку зумпфов экскаваторами ЭДГ-3,2А-30 и Liebherr 976 (по 2 зумпфа в каждом добычном блоке), бурение в зумпфах дренажных горизонтальных скважин глубиной до 300 м каждая, буровыми установками дренажного бурения УДБ-8 и УДБ-8-01. Перекачка дренажных вод с участковых зумпфов в центральный зумпф, расположенный на промежуточном горизонте, производится участковыми насосными установками по магистральному трубопроводу. Из центрального зумпфа дренажная вода подается насосами ЦНСК-60-198 по магистральному трубопроводу через перекачную насосную установку, расположенную на стационарном борту и оборудованную также двумя насосами ЦНСК 60-198, в аккумулирующую емкость очистных сооружений на поверхности. Очищенные дренажные воды используют на технические нужды разреза, а излишки очищенных дренажных вод отводят напорным трубопроводом в озеро – накопитель.

### **3.2. Добыча угля подземным способом**

Добыча угля подземным способом состоит из следующих этапов: проведение и крепление горных выработок, выемка полезного ископаемого, подъемно-транспортные работы, транспортировка горной массы на поверхности, складирование угля и отходов производства, вентиляция и дегазация.

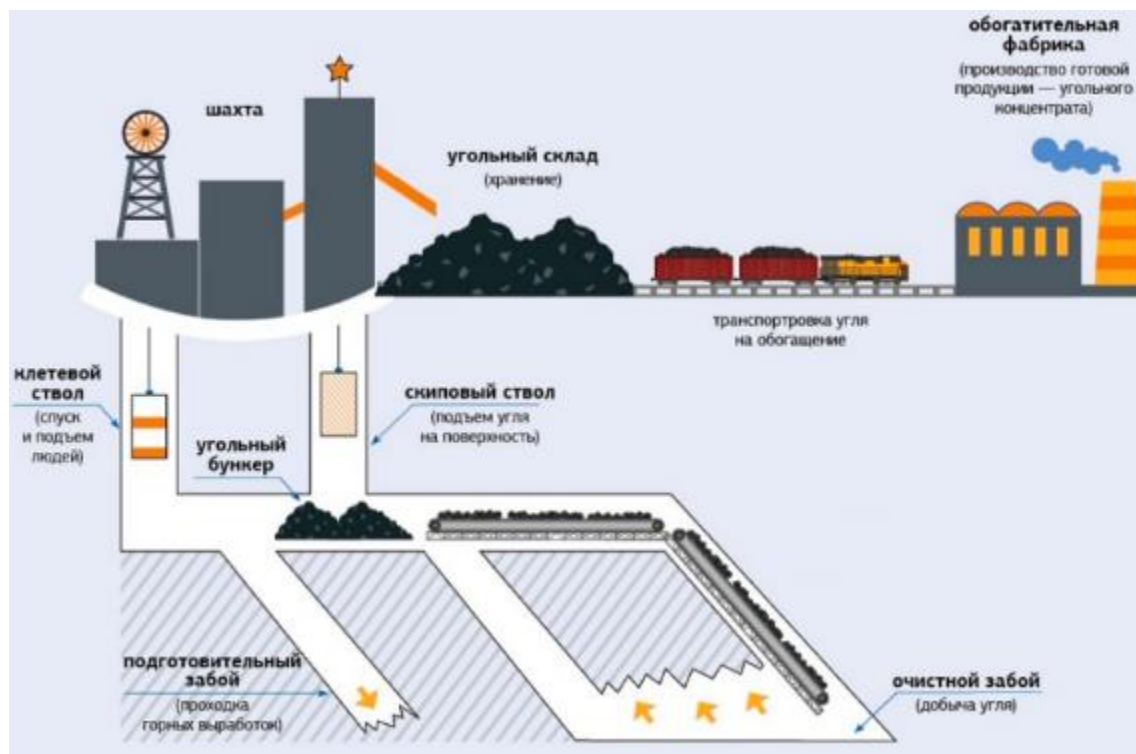


Рисунок 3.5. Общая схема технологических процессов при добыче угля подземным способом.

### 3.2.1. Вскрытие, подготовка и система разработки шахтного поля

Разработка угольных месторождений подземным способом включает в себя три стадии: вскрытие, подготовка и очистные работы.

Вскрытием называют проведение горных выработок, обеспечивающих доступ с поверхности земли к залежи полезного ископаемого. Выработки, проводимые на этой стадии, называются вскрывающими. Вскрывающими выработками являются стволы, штольни, квершлагги, слепые стволы, гезенки и шурфы. Сеть вскрывающих выработок должна обеспечивать надежную транспортную связь между угольными пластами и поверхностью, подачу в шахту свежей и выход на поверхность исходящей струи воздуха, удаление шахтных вод и подачу электро- и пневмоэнергии к работающим машинам.

Различают четыре способа вскрытия: вертикальными стволами, наклонными стволами, штольнями и комбинированный, представляющий сочетание первых двух или трех способов. [19]

Под подготовкой понимают проведение комплекса горных выработок, обеспечивающих возможность начала очистных работ. В зависимости от деления выемочной ступени (шахтопласта) на части различают панельную, этажную и погоризонтную подготовку.

В отличие от вскрытия, вторая стадия разработки – подготовка – осуществляется в течение всего периода отработки запасов угля в шахтном поле, поскольку выемку пластов ведут последовательно в отдельных их частях. Различают подготовленные и готовые к выемке запасы. Подготовленными называются такие запасы, для отработки которых проведены основные подготавливающие выработки (пластовые или полевые штреки, бремсберги, уклоны, скаты); готовыми к выемке – запасы, для отработки которых проведены необходимые подготовительно-нарезные выработки (ярусные или подэтажные штреки и разрезные печи) и подготовлено оборудование, позволяющее начать очистные работы. Таким образом, задачей подготовки является своевременное обеспечение шахты фронтом очистных работ.

Система разработки – определенный порядок ведения подготовительных и очистных работ в пределах разрабатываемой части пласта, увязанный в пространстве и времени. Этими частями могут быть этаж (подэтаж), панель, ярус (подъярус). Рациональная система разработки пласта должна удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать безопасность ведения горных работ; обуславливать высокий уровень технико-экономических показателей; иметь минимальные потери.

На выбор системы разработки оказывают влияние различные факторы. Основными из них являются: форма залегания, строение, мощность и угол падения пласта; свойства угля и вмещающих пород; газоносность и обводненность месторождения; склонность угля к самовозгоранию; склонность угольных пластов к горным ударам, внезапным выбросам угля и газа; глубина горных работ; средства механизации подготовительных и очистных работ.

Перечисленные факторы, как правило, оказывают комплексное влияние на выбор систем разработки и их параметров и предопределяет применение различных систем разработки и их вариантов, которые можно представить в виде следующей классификации:

1. Системы разработки с выемкой пласта на полную мощность:
  - длинными очистными забоями (сплошные, столбовые, комбинированные);
  - короткими очистными забоями (столбовые, камерные, камерностолбовые, подэтажные штреки, полосы и заходки).
2. С разделением пласта на слои (наклонные, горизонтальные и поперечнонаклонные). [19]

В Казахстане наиболее распространены столбовые системы разработки с длинными очистными забоями.

Вскрытие, подготовка и очистная выемка, обуславливающие транспортирование полезного ископаемого от очистного забоя до поверхности, проветривание горных выработок, включая поверхностный комплекс, формируют технологическую схему шахты.

### 3.2.2. Проведение горных выработок

Под процессом проведения горных выработок понимают совокупность работ по выемке, погрузке, транспортировке горной массы, возведению крепи, наращиванию транспортных устройств и коммуникаций, обеспечивающих подвигание подготовительного забоя.

Способ проведения выбирают в зависимости от свойств горных пород, назначения, площади поперечного сечения и срока службы выработки.

При проведении горных выработок различают основные и вспомогательные процессы:

основные – это процессы, связанные с проведением и креплением выработки (отбойка и погрузка горной массы, возведение постоянной крепи);

вспомогательные – это процессы, обеспечивающие нормальные условия для выполнения основных проходческих процессов (возведение временной крепи, навеска и наращивание вентиляционных труб, наращивание конвейера или настилка рельсовых путей, прокладка труб, кабелей и др. [23])

Технологическая схема проведения горной выработки – это определенный, увязанный в пространстве и времени порядок выполнения производственных процессов, средства их механизации и соответствующее этому порядку размещения оборудования.

Классификация технологических схем проведения горных выработок.

В зависимости от однородности пересекаемых пород выделяют:

проведение выработок в однородных породах (в случае если забой выработки пересекает только один вид пород);

проведение выработок в неоднородных породах (в случае если забой выработки пересекает два вида пород и более).

Проведение выработки в однородной породе осуществляется сплошным забоем (уголь и вмещающая порода вынимаются одновременно) при мощности пласта до 0,6 м или при большей мощности пласта, но низком качестве угля.

При неоднородных породах выработка проводится как сплошным забоем, так и уступным забоем, т. е. с отдельной выемкой угля и породы. При этом вначале проводят выемку угольного пласта на некоторую величину, а затем – вмещающих пород.

В зависимости от места размещения породы выделяют следующие способы проведения выработок:

узким забоем;

широким забоем.

При проведении выработок узким забоем уголь вынимается только в пределах поперечного сечения выработки, а порода, полученная от подрывки, выдается на поверхность шахты. При проведении выработок широким забоем уголь вынимается на

ширину, превышающую изначальную ширину выработки. В образовавшемся пространстве (раскосе) размещаются породы от подрывки.

В зависимости от способа отделения горных пород от угольного массива выделяют следующие способы проведения горных выработок:

механический (механизированный) способ. Осуществляется с помощью проходческих комбайнов, применяется по углю и породе средней крепости;

буровзрывной способ: применяется в породах любой крепости;

гидравлический способ: применяется крайне ограниченно, в частности для дегазации массива;

ручной способ с использованием отбойного молотка: применяется в особых случаях (формирование водосточной канавки, проходка ниш и камер);

комбинированные работы представляют собой комбинацию различных применяемых технологий.

Наиболее распространенным в настоящее время для угольных шахт Республики Казахстан является комбайновый способ, которым проходят почти все выработки, буровзрывной способ применяется крайне ограниченно и характерен в основном для горнорудной промышленности.

### **3.2.2.1. Буровзрывной способ проведения горных выработок**

Взрывные работы могут применяться в породах различной крепости, но они наиболее экономичны в породах средней крепости и в крепких, когда другие виды работ недостаточно эффективны или их применение невозможно в текущих условиях.

Включает в себя: бурение шпуров, зарядание, взрывание зарядов, выгрузку отбитой горной массы, крепление выработки и вспомогательные работы. Для размещения заряда в массиве горных пород образуют полость – шпур, скважину или выработку (камеру). Соответственно и методы взрывных работ называют методами шпуровых, скважинных или камерных зарядов. Диаметр шпуров обычно составляет 30 – 75 мм, а глубина – до 5 м. Шпуры, имеющие диаметр более 75 мм и глубину более 3 м, называют скважинами. Бурение шпуров осуществляется вручную или буровыми установками. [23] [24]

Погрузка горной массы при проведении выработок буровзрывным способом наиболее трудоемкий процесс проходческого цикла.

Погрузку производят вручную и механизированным способом. При механизированном способе применяются различные погрузочные машины и скреперные комплексы.

Крепление выработки, в зависимости от вида крепи, осуществляется вручную или с помощью различных механизмов.

Вспомогательные работы, это – доставка материалов, наращивание вентиляционного и водяного ставов, переноска датчиков, наращивание конвейера и пр.

### **3.2.2.2. Проведение горных выработок с помощью проходческих комбайнов**

Комбайновый способ проведения горизонтальных и наклонных горных выработок по угольным пластам и породе является основным на угольных шахтах.

Выделяются следующие основные технологические операции при комбайновом способе проведения горных выработок:

- отбойка и разрушение угля или породы, которая производится исполнительным органом комбайна;

- одновременная с отбойкой погрузка горной массы;

- после выемки горной массы крепление выработки в пределах ее вновь образовавшейся части на определенную величину подвигания (устанавливается паспортом проведения и крепления);

- вспомогательные операции по обеспечению функционирования забоя ( проветривание, наращивание конвейера, трубопроводов, рельсовых путей, борьба с пылью и т. д.).

Комбайн представляет собой машину на гусеничном ходу, отделяющую породу от массива и производящую погрузку на конвейер, в вагонетки, самоходные вагоны и другие транспортные средства.

Все проходческие комбайны по способу обработки забоя органом разрушения можно разделить на два типа:

- комбайны избирательного действия (стреловые проходческие комбайны) с последовательной обработкой поверхности забоя слоями;

- комбайны фронтального действия (буровые комбайны) с одновременной обработкой всей поверхности забоя.

Применение проходческих комбайнов дает возможность совместить во времени основные технологические операции проходческого цикла: отделение горной породы от массива, ее погрузку в транспортные средства, в отдельных случаях – крепление выработанного пространства.

Некоторые современные проходческие комбайны также имеют дополнительное оборудование для механизации трудоемких операций проходческого цикла (бурение шпуров и установка анкерной крепи, установка временной и постоянной крепи и пр.). Это позволяет достигать высоких показателей скорости проведения и степени механизации работ. Поэтому комбайновый способ является сегодня наиболее производительным и распространенным.

### **3.2.3. Бурение скважин и шпуров**

В подземных условиях наиболее широкое применение в горной промышленности получил механический способ бурения шпуров и скважин, при котором разрушение горных пород производится буровым инструментом под действием механических

усилий, а удаление буровой мелочи производится водой, сжатым воздухом либо воздушно-водяной смесью. При механическом разрушении породы буровой инструмент создает на груди забоя местные напряжения, превышающие предел прочности породы, что вызывает ее разрушение. В зависимости от характера силового воздействия бурового инструмента на горную породу и схемы его работы механическое бурение может осуществляться следующими способами: вращательным, ударным, вращательно-ударным и ударно-вращательным.

Бурение скважин в угольных шахтах характеризуется спецификой, связанной с высокой скоростью бурения, слабой устойчивостью пород, работой в действующих выработках во взрывоопасной среде и др. Скважины бурятся обычно по углю или породам средней крепости ( $f < 8$ ), поэтому на всех станках реализуется вращательный способ бурения. Буровые станки можно подразделить по назначению скважин: бурение дегазационных, разгрузочных и других технологических скважин (направленное бурение до 1000 м, дегазационные – до 300 м). Буровые станки для угольных шахт могут быть самоходными или несамоходными, с гидравлическим механизмом подачи бурового става на забой и дистанционным управлением.

а



б



а – пневматическая бурильная установка; Super Turbo Bolter - ST, б – станок буровой газодренажный СБГ-1М

Рисунок 3.6. Буровые установки

При бурении шпуров и скважин перфораторами и шарошечном бурении образуются породные частицы и пыль следующих фракций: крупная буровая мелочь (размером более 1 мм), буровая мелочь (менее 1 мм), грубодисперсная пыль (менее 10 мкм).

#### 3.2.4. Крепление горных выработок

Крепление горных выработок, один из основных рабочих процессов при проведении горных выработок и представляет собой совокупность операций по возведению крепи, возводимой в подземных горных выработках с целью предотвращения обрушения окружающего массива горных пород и сохранения необходимых размеров поперечного сечения выработок.

К горной крепи предъявляют следующие требования: крепь должна выдерживать приходящуюся на нее нагрузку, сохранять свое первоначальное положение, обеспечивать рабочее состояние выработки и безопасные условия эксплуатации в течение ее всего срока службы, быть простой в монтаже, воспринимать без опасных деформаций многократное воздействие взрывных работ, занимать в выработке как можно меньше места не мешать выполнению рабочим процессов, не оказывать большого сопротивления движению воздушной струи и быть безопасной в пожарном отношении.

Факторами, определяющими форму поперечного сечения выработки, являются: физико-механические свойства горных пород, назначение и срок службы выработки, материал крепи, положение выработки в пространстве, размеры поперечного сечения выработки, величина и направление горного давления. Форма поперечного сечения выработки определяется удобством ее эксплуатации, материалом и конструкцией крепи, которые в свою очередь должны обеспечить устойчивое ее состояние в течение всего срока службы при минимальных затратах.

По характеру работы различают крепи: жесткая, податливая, шарнирная, комбинированная; по сроку службы: постоянная и временная; по форме сечения выработок: трапециевидная, арочная, кольцевая, эллиптическая, полигональная, сводчатой формы; по виду выработки – для горизонтальных, наклонных и вертикальных горных выработок.

Для крепления капитальных выработок с большим сроком службы применяют крепи: бетонные, железобетонные, сборные металлические и железобетонные (тубинги), металлические рамы и др., воспринимающие нагрузку в пределах упругих деформаций без изменения формы и размеров.

В настоящее время широкое распространение для крепления горных выработок на угольных шахтах получили анкерные виды крепления разнообразной конструкции из различных материалов (металлические, стеклопластиковые). В самостоятельном виде анкерная крепь предназначена для крепления горизонтальных и наклонных выработок, расположенных в устойчивых породах вне зоны влияния очистных работ и других выработок. Во всех остальных случаях анкерную крепь следует применять в комбинации с другими видами крепи. В подавляющем большинстве на всех угольных шахтах нашей страны при проведении горных выработок применяется анкерная крепь в сочетании с металлической.



### 3.2.5. Выемка угля из очистного забоя (добычные работы)

Очистные работы представляют собой комплекс взаимосвязанных производственных процессов по выемке полезного ископаемого из очистных забоев, выполняемых в определенной последовательности в пространстве и времени.

В зависимости от применяемых систем разработки комплекс работ в очистном забое состоит из следующих технологических процессов:

выемка угля (подрубка, отбойка и навалка угля на конвейер);

доставка (транспортирование) угля вдоль очистного забоя до ближайшей транспортной выработки (конвейерного штрека, бремсберга, уклона и др.);

крепление призабойного пространства;

передвижка оборудования ближе к забою по мере подвигания последнего;

проведение работ по управлению горным давлением. [20]

Очистная выемка является главным процессом очистных работ. Основными выемочными машинами в длинных очистных забоях на современном этапе развития технологии угледобычи являются узкозахватные комбайны и струги. Очистным комбайном называется выемочная машина, выполняющая операции по отделению угля от массива, разрушению его и погрузке на забойный конвейер. Аналогичные функции выполняет струговая установка.

При выемке угля комбайном вдоль лавы (очистного забоя) по раме конвейера движется очистной комбайн, который рабочим органом (в виде шнека) вынимает полосу угля на ширину захвата исполнительного органа обычно шириной 0,63 или 0,8 м и грузит его на лавный конвейер. Различают широкозахватную (ширина захвата более 1 м) и узкозахватную (шириной менее 1 м) выемку угля. В настоящее время широкозахватная выемка на шахтах Карагандинского бассейна не применяется.

Разновидность узкозахватной выемки является струговая выемка. При струговой выемке по раме забойного конвейера перемещается струг, который исполнительным органом скалывает слой угля 5 – 10 см и погрузочным лемехом грузит его на забойный конвейер.

Вслед за выемкой производится передвижка секций механизированной крепи, что обеспечивает укрепление обнаженной кровли. После выемки угля по всей длине лавы производится задвижка лавного конвейера, т. е. лавный конвейер перемещается вплотную к забою. Затем производятся концевые операции – передвижка секций крепи сопряжения, перегружателя и другие операции. На следующем этапе комбайн (струг) зарубается в пласт, и операция повторяется: выемка, передвижка секций, передвижка конвейера, заключительные операции, зарубка комбайна на новую полосу, повторяется новый цикл.

Очистные работы и поддержание кровли и обнаженных пород в призабойном пространстве осуществляются с помощью механизированного очистного комплекса.

Механизированным очистным (добычным) комплексом называют совокупность взаимно увязанных по своим параметрам и кинематическим связям машин и оборудования, обеспечивающих комплексную механизацию процессов выемки угля, погрузку и транспортирование угля по лаве, крепление лавы и управление кровлей при местном управлении ими.

В механизированный комплекс входят:

выемочная машина (узкозахватный комбайн, струговая установка);

забойный (лавный) конвейер;

секции механизированной крепи;

перегрузатель;

дробилка;

различное вспомогательное оборудование (крепь сопряжения, кабелеукладчики, системы орошения и др. оборудование).

Технологические схемы при отработке забоев очистными комбайнами.

При отработке забоев очистными комбайнами применяются две схемы:

челноковая схема, при которой комбайн производит выемку угля при движении в обоих направлениях;

односторонняя схема, при которой комбайн производит выемку угля при движении только в одном направлении, а в другом осуществляется перегон комбайна.

Крепление очистных забоев.

Крепление очистных забоев и штреков является одним из основных производственных процессов при подземной разработке угля. Породы кровли над призабойным и выработанным пространством можно рассматривать как плиту, один конец которой закреплен в угольном массиве, а другой – свешивается в виде консоли и может обрушиться. Для его поддержания устанавливают крепь, которая по мере подвигания забоя перемещается, освобожденная от крепи часть консольной плиты обрушается в выработанное пространство.

Для крепления очистных выработок и управления кровлей применяют механизированные крепи, предназначенные для крепления и ограждения рабочего пространства очистного забоя от проникновения в него обрушенных пород кровли и управления горным давлением. Механизированная крепь состоит из линейных секций, распределительной и контрольно-регулирующей гидроаппаратуры и гидрокommunikаций.

Секция механизированной крепи – это элемент крепи, сохраняющий свою целостность при передвижении и состоящий обычно из основания, гидравлических стоек (до двух стоек в секции), связанных перекрытием у кровли пласта, гидродомкратов передвижения (одного или двух), блока управления потоком рабочей жидкости и гидрокommunikаций. Секция имеет оградительный элемент, защищающий рабочее пространство от проникновения в него обрушенной породы кровли.

Операции, выполняемые линейными секциями, одинаковы почти для всех механизированных крепей: разгрузка (снятие распора) гидростоек, передвижение секции, распор гидростоек, передвижение забойного конвейера и поддержание пород кровли.

Для передвижки секции производят разгрузку ее стоек соединением поршневых полостей стоек со сливной магистралью через управляемый обратно-разгрузочный клапан. Одновременно производится подача рабочей жидкости в штоковую полость.

### **3.2.6. Поддержание выработанного пространства и управление горным давлением**

Поддержание очистного пространства – совокупность мероприятий по предупреждению вредных последствий проявления горного давления в очистных выработках в целях обеспечения безопасности и необходимых условий работы. Поддержание очистного пространства применительно к подземным работам называют управлением горным давлением.

Поддержание осуществляют различными способами: целиками, оставляемыми на некоторое время или навсегда в недрах; отбитым от массива полезным ископаемым, временно оставляемым в выработанном пространстве; закладочным материалом, размещаемым в выработанном пространстве, или установленной в очистных выработках крепью (деревянной крепью, металлическими стойками, механизированными комплексами). Несколько особое место занимает искусственно вызываемое обрушение в выработанное пространство перекрывающих его пород.

Разработка угольных пластов с обрушением, как правило, характеризуется значительными потерями угля в недрах за счет оставления различного рода целиков. При работе с закладкой, вследствие уменьшения горного давления на крепь выработок, появляется возможность полного устранения или уменьшения размеров этих целиков. Сокращение потерь угля в недрах создает условия для устранения подземных пожаров. Снижение потерь важно также и с точки зрения увеличения сроков существования шахт, что приводит к уменьшению капитальных затрат на 1 тонн добытого угля.

Поддержание очистного пространства применительно к подземным работам называют управлением горным давлением.

Способы поддержания очистного пространства при очистной выемке разделяются на следующие три класса:

естественное поддержание очистного пространства при выемке угля;

обрушение вмещающих пород, т. е. без поддержания очистного пространства при выемке угля;

искусственное поддержание очистного пространства.

Одним из эффективных способов управления горным давлением при ведении очистных работ является закладка выработанных пространств, которая с одной стороны, способствует снижению проявлений горного давления в очистных забоях (в

частности устранению вторичных осадок основной кровли), а с другой стороны, обеспечивает устойчивость горных выработок, а также предотвращает нерегламентированную подработку земной поверхности, инженерных сооружений и естественных объектов. Кроме того, при ведении очистных работ с закладкой выработанного пространства решается проблема безотходного, экологически безопасного производства, связанного с использованием пустых пород в качестве закладочного материала, а также могут быть использованы отходы (хвосты) обогатительных фабрик, металлургические шлаки и другие материалы.

Закладка как технологический процесс включает в себя операции по приготовлению, транспортированию закладочного материала и размещению его в выработанном пространстве.

Достоинствами закладки выработанного пространства являются:

существенное снижение потерь полезного ископаемого в недрах;

уменьшение пожароопасности при разработке пластов, уголь которых склонен к самовозгоранию, увеличение безопасности работ;

исключает образование провалов на поверхности, при разработке мощных крутых пластов, и значительные оседания поверхности.

Недостатками закладки выработанного пространства являются:

трудоемкий дополнительный процесс в технологической схеме подземной добычи угля;

стоимость закладочных работ составляет 15 – 20 % стоимости работ по добыче угля

Поэтому закладку применяют лишь в тех случаях, когда другие, более простые и дешевые способы управления горным давлением в данных горно-геологических условиях не могут обеспечить безопасную и эффективную добычу угля.

Управление горным давлением полной закладкой рекомендуют применять:

для охраны ответственных сооружений и водоемов на поверхности;

при слабых, склонных к сползанию породах почвы или весьма слабых породах кровли и почвы на крутых пластах;

под пожарными участками и участками, опасными по прорывам глины;

как правило, при разработке мощных крутых месторождений с самовозгорающимися полезными ископаемыми;

при разработке крутых пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

Существуют следующие виды закладочных работ: гидравлическая, пневматическая, комбинированная (гидропневматическая), твердеющая, самотечная, механическая.

В зависимости от полноты заполнения выработанного пространства различают: полную закладку выработанного пространства; частичную закладку выработанного пространства (в виде охранных полос при поддержании выработок).

### 3.2.7. Шахтный транспорт

По месту работы шахтный транспорт классифицируется на внешний и внутренний (внутришахтный). Внешний транспорт обеспечивает вывоз полезного ископаемого от горного предприятия до потребителя или мест переработки и доставку оборудования и материалов от заводов изготовителей. Внешний транспорт представлен главным образом железнодорожным, а также конвейерным, автомобильным, канатно-подвесным и другими видами.

Внутришахтный транспорт – предназначен для перемещения по подземным горным выработкам и на поверхности (в пределах границах горного предприятия) полезного ископаемого и различного рода грузов (крепёжных материалов, взрывчатых, закладочных материалов, оборудования, породы и т. д.), а также для перевозки людей.

К основным функциям внутришахтного транспорта относят: доставку людей, материалов и оборудования к очистным и подготовительным забоям; перевозку грузов, людей от забоев до поверхности; транспорт полезных ископаемых, материалов и оборудования на поверхности горного предприятия.

В зависимости от вида перевозимого груза шахтный транспорт разделяют на основной, предназначенный для перемещения угля и пустой породы, и вспомогательный для перемещения горного оборудования, различных материалов и людей.

К основным видам подземного транспорта относятся:

конвейерный;

рельсовый;

безрельсовый самоходный;

монорельсовый;

канатный подвесной.

Оборудование конвейерного транспорта различается в зависимости от основного назначения и горнотехнических условий:

ленточные конвейеры обычной конструкции – применяются для транспортирования (основное назначение) угля, породы и горной массы от очистных и подготовительных забоев. Применяются в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона от  $-16^\circ$  до  $+18^\circ$ ;

крутонаклонные ленточные конвейеры – применяются для транспортирования угля, породы и горной массы от очистных и подготовительных забоев. Применяются в наклонных выработках с углами наклона до  $-25^\circ$  или  $+35^\circ$ ;

телескопические ленточные конвейеры – также применяются для транспортирования угля, породы и горной массы от очистных и подготовительных забоев. Применяются в укорачивающихся или удлиняющихся вслед за подвиганием очистных или подготовительных (проходческих) забоев горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона от  $-10^\circ$  до  $+10^\circ$ ;

грузолюдские ленточные конвейеры – применяются при транспортировке угля, породы и горной массы и перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до  $18^\circ$ ;

пластинчатые изгибающиеся конвейеры – применяются при транспортировке угля от очистных забоев в горизонтальных выработках;

скребковые конвейеры – применяются при транспортировке угля, породы и горной массы от очистных и подготовительных забоев в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до  $35^\circ$  при небольшой длине транспортирования (до 100 – 150 м).

Рельсовый транспорт:

электровозы, дизелевозы – применяются при транспортировке составов вагонеток и секционных поездов с углем, породой, горной массой, оборудованием и материалами, а также пассажирских составов в горизонтальных выработках;

инерционные локомотивы (гировозы) – применяются при перевозке материалов, оборудования и людей в вентиляционных горизонтальных выработках;

канатная откатка в вагонетках – применяется при транспортировке составов вагонеток с углем, породой или горной массой, материалами и оборудованием, а также пассажирских поездов во вспомогательных наклонных выработках с углами наклона от  $10^\circ$  до  $30^\circ$ ;

канатная откатка в скипах – применяется при транспортировке угля, породы или горной массы в наклонных выработках с углами наклона свыше  $18^\circ$ ;

напочвенные канатные дороги – применяются при транспортировке составов вагонеток с углем, породой или горной массой, материалами и оборудованием, перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках знакопеременного профиля до  $20^\circ$ .

Безрельсовый самоходный транспорт:

грузовые самоходные вагонетки – применяются при транспортировке угля, породы и горной массы в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до  $12^\circ$ ;

тягачи с прицепными платформами – применяются при транспортировке материалов и оборудования в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до  $12^\circ$ ;

грузолюдские самоходные вагонетки – применяются при транспортировке материалов и оборудования, перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до  $12^\circ$ .

Монорельсовый транспорт:

монорельсовые дороги с канатной тягой – применяются при транспортировке материалов и оборудования, перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до  $+35^\circ$ ;

монорельсовые дороги с подвесными локомотивами – применяются при транспортировке материалов и оборудования, перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до 20°;

Канатный подвесной транспорт:

моноканатные подвесные дороги – применяются при транспортировке материалов и оборудования, перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до 25°;

двухканатные подвесные дороги – применяются при транспортировке материалов, оборудования в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до 15°.

Перемещение породы и угольной массы в шахте от забоя до околоствольного двора или на поверхность осуществляют одними или несколькими видами транспортных машин с перегрузкой с одного вида транспорта на другой. Цепь взаимосвязанных транспортных машин и механизмов, обеспечивающих перемещение угольной массы, представляет собой транспортный комплекс, при различных видах транспортных машин – комбинированный транспортный комплекс (комбинированный шахтный транспорт).

### **3.2.8. Рудничная вентиляция и дегазация угольных пластов**

При подземных горных работах из угля и вмещающих пласт пород в горные выработки выделяется метан. Существуют три формы его выделения: обыкновенное, суфлярное и внезапное.

1. Обыкновенное выделение: метан поступает в рудничную атмосферу непрерывно сравнительно равномерными порциями со всей обнаженной площади пласта и пород.

2. Суфлярное выделение: газ поступает из разломов пород шпуров и скважин в пласте, участков геологических нарушений. При этом выделение метана продолжается длительное время (часами, даже месяцами).

3. Внезапное выделение: динамическое явление, при котором происходит быстрое разрушение части угольного пласта с почти мгновенным выбросом большого количества газа, выносом измельченного угля в прилегающую выработку и образованием характерной полости.

Рудничный воздух должен содержать по объему не менее 20 % кислорода и не более 0,5 % углекислого газа. Концентрация метана должна составлять не более 0,5 – 2 % – в вентиляционных струях угольных шахт (в отводящих, дегазационных трубопроводах и газодренажных выработках допустима более высокая концентрация).

Данные предельные допустимые значения концентрации метана в вентиляционных струях достаточно низки, что ограничивает возможность экономически оправданного каптирования и утилизации метана в промышленных масштабах. В связи с этим бороться с метаном как с загрязнителем целесообразно, только откачивая его изолированно из угольного пласта и выработанного пространства. Подобная схема

препятствует выбросам метана через трещины и разрушения, а также снижает риск возникновения нештатных ситуаций в зоне добычи угля и подходов к ней.

Таким образом, к задачам вентиляции подземных выработок относятся:  
обеспечение выработок пригодным для дыхания воздухом;  
поддержание в них нормальной температуры и влажности;  
метаноотведение.

Проведение дегазации в целях снижения концентрации взрывоопасных газов (главным образом метана) в действующих горных выработках до установленных норм предусмотрено требованиями законодательными требованиями обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов угольных шахт.

Проветривание горных выработок шахты обеспечивается с помощью непрерывно работающих вентиляторных установок – вентиляторов главного проветривания и вспомогательных вентиляторных установок.

За счет диффузии организуется проветривание тупиковых горных выработок газовых шахт длиной до 6 м, а негазовых шахт – длиной до 10 м. При этом максимально допустимая скорость воздуха в лавах и тупиковых выработках не должна превышать 4 м/с, а в прочих горных выработках, проведенных по углю и породе, – не более 6 м/с.

Очистные забои проветривают за счет общешахтной депрессии, создаваемой вентиляторами главного проветривания и вспомогательными вентиляторными установками. В качестве главных вентиляторов на шахтах применяют осевые и центробежные вентиляторы, обеспечивающие проветривание горных выработок всей шахты или ее части. Вспомогательные вентиляторные установки служат для проветривания выемочных участков и отдельных горных выработок шахты.

Основные схемы вентиляции шахты – центральная и фланговая; их сочетание – комбинированная схема.

При центральной схеме вентиляции шахты воздух поступает в шахту и выходит из нее через стволы в центре шахтного поля. Схема применяется при ограниченных размерах шахтного поля по простиранию и относительно небольшой мощности шахты, ведении работ на глубоких горизонтах; обеспечивает быстрый ввод в действие главного вентилятора и создание сквозной струи при строительстве шахты; характеризуется большой протяженностью пути движения воздуха, наличием параллельных струй чистого и загрязненного воздуха, их неоднократными пересечениями.

При фланговой схеме вентиляции шахты воздух поступает в шахту через ствол в центре шахтного поля, выходит через стволы, расположенные на флангах. Схема применяется на неглубоких шахтах, когда невозможно или нецелесообразно поддерживать единый вентиляционный горизонт; практически исключает встречное движение поступающей и исходящей струй; длина пути движения воздуха меньше, чем



при центральной схеме. Однако по фланговой схеме требуется не менее трех вентиляционных стволов и обычно не менее двух вентиляторных установок; в период подготовки шахтного поля вентиляция шахты затруднена.

При комбинированном способе вентиляции шахты один вентилятор работает на нагнетание, другой – на всасывание.

Проветривание тупиковых горных выработок осложнено – подача атмосферного (свежего) воздуха в такую выработку или удаление из нее загрязненного рудничного воздуха осуществляется, как правило, вентиляторами по трубам достаточно большого диаметра, проложенным в этих выработках.

В зависимости от направления подачи свежего воздуха вентиляторами главного проветривания различают три способа проветривания горных выработок для удаления метана и иных газов без их улавливания:

- нагнетательный;
- всасывающий;
- комбинированный.

### **3.2.9. Складирование угля и отходов производства**

В зависимости от условий залегания извлекают не только полезное ископаемое, но и пустые породы или некондиционные угли. Кроме того, создание и постоянное сохранение резерва вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов требует значительных объемов проходческих работ. Это существенные объемы горной массы при годовой добыче в несколько миллионов тонн угля.

Во время эксплуатации месторождения большую часть нарезных выработок проводят по угольному пласту (попутная добыча), капитальные и горно-подготовительные выработки, как правило, проходят по вмещающим породам. Пустые породы от проходки горных выработок, ремонтно-восстановительных работ, связанных с подрывкой и перекреплением выработок, необходимо транспортировать отдельным потоком, выдавать на поверхность и складировать в отвалы. Для этого используется рудничный транспорт и подъем, на поверхности используется автомобильная и бульдозерная техника.

Технология отвалообразования и комплексная механизация аналогичны процессам отвалообразования пустых пород на открытых горных работах и рассмотрены в соответствующих разделах данного справочника по НДТ (смотреть п.3.1.8.1. и 3.1.8.2.). Угли, по своим кондициям не отвечающие в настоящее время требованиям переработки или потребителей, попутные полезные ископаемые, неиспользуемые в данный момент, укладываются в отдельные отвалы.

Существует положительная практика применения пустых пород в качестве сухой закладки подземного выработанного пространства, зон сдвижения и обрушения на земной поверхности.

### 3.2.10. Шахтный водоотлив

Для защиты подземных выработок должны предусматриваться устройства и установки для водоотлива и отвода откачиваемых вод к местам их сброса.

До начала проходки стволов и подготовительных выработок в случаях непосредственной угрозы прорывов в подземные выработки воды и горных пород устанавливаются внешахтные водопонизительные системы и противофильтрационные завесы.

Водопонизительные системы могут проектироваться с применением открытых и вакуумных водопонизительных скважин, иглофильтров, пластовых, траншейных и трубчатых дренажей, подземных дренажных выработок. Учитывая необходимые значительные затраты при определении набора мероприятий необходимо учитывать капитальные и эксплуатационные затраты, и на этой основе определять целесообразность проведения данных мероприятий.

Водосбор и водоотлив осуществляют следующим образом: вода со всей системы горных выработок собирается с помощью канав в специальные выработки – водосборники, находящиеся при насосных станциях, и удаляется на земную поверхность насосами по трубопроводам или самотеком, если позволяют условия.

При подземной разработке месторождений могут применяться в зависимости от водопритока и порядка отработки залежи различные схемы водоотлива:

непосредственный водоотлив с каждого горизонта: при значительных водопритоках в случае одновременной работы всех горизонтов насосные станции устанавливают на всех рабочих горизонтах, и откачку воды на земную поверхность ведут из водосборников каждого горизонта отдельной водоотливной системой;

перекачка воды на вышележащие горизонты: при последовательной отработке горизонтов воду собирают в водосборники на каждом горизонте, перекачивают ступенчато в водосборники на вышележащих горизонтах и затем выдают на земную поверхность;

спуск воды с вышележащего горизонта и откачка на земную поверхность: при небольших водопритоках возможен перепуск воды в водосборник на нижнем горизонте с последующей ее откачкой на земную поверхность;

спуск воды в штольню: в случае вскрытия залежи полезного ископаемого штольней и слепым стволом воду можно перепускать из водосборников вышележащих горизонтов самотеком в водосборник штольневого горизонта, из которого она самотеком или с перекачкой будет выдаваться по штольне на земную поверхность;

бурение опережающих скважин и дренажных выработок, обеспечивающих постоянное опережающее (по отношению к горным работам) понижение уровня подземных вод.

Различают главный водоотлив, устраиваемый в камере околоствольного двора для откачки на земную поверхность всего притока воды в шахту, и вспомогательный – для перекачки воды с отдельных участков шахты к водосборникам главного водоотлива.

Система водоотлива включает в себя сеть водоотводных канавок, участковые и главные водосборники, насосные станции, вспомогательные устройства (водотрубные ходки, перемычки и т. п.), устройства автоматизации и контроля.

Водоотводные канавки устраивают в горизонтальных и наклонных горных выработках для сбора и отвода воды к водосборникам. Вода всегда движется по направлению к шахтному стволу или устью штольни, т. е. к выходам на земную поверхность.

Водосборники должны иметь не менее двух выходов на откаточные выработки. В шахтах, опасных по прорыву воды, вместимость водосборников главных и участковых водоотливных установок нужно рассчитывать соответственно на восьми- и четырехчасовой приток воды, для остальных шахт – на четырех- и двухчасовой водоприток.

Для откачки на поверхность используют электрические или пневматические насосы, которые отводят воду по трубопроводам. Для обеспечения высокого давления используют стационарные насосные установки, размещенные в выработках около стволов.

Водоснабжение в угольных шахтах осуществляется для обеспечения орошения и иных методов предотвращения загрязнения атмосферного воздуха, а также для обеспечения противопожарной защиты.

Основной фактор влияния на водную среду – сброс шахтных вод, загрязненных взвешенными частицами и растворенными химическими веществами, а также поверхностный сток с породных и рудных отвалов. Кроме того, в подземных условиях загрязняются дренируемые грунтовые воды, а при откачке шахтной воды образуются депрессионные воронки, радиус которых может достигать десятков километров.

Все предприятия с подземной добычей угля обязаны осуществлять очистку шахтных и сточных вод. Следовательно, устройство оборотных систем водоснабжения, ликвидация отвалов, сокращение поступления примесей в сточные воды путем совершенствования технологических процессов являются первоочередными задачами комплекса мероприятий, предупреждающих загрязнение водотоков и водоемов сточными водами.

### **3.3. Обогащение**

Ископаемые угли являются сложным веществом органического происхождения, содержащим минеральные примеси различного физико-химического состава и природы. Полезная часть углей – горючее вещество – состоит из углерода, водорода, кислорода, азота и серы. Вода и минеральные примеси являются балластом, некоторые

другие элементы, например, сульфатная сера и фосфор – вредными примесями (особенно в углях, предназначенных для коксования).

Для более эффективного использования угля требуется повышение его качества, заключающееся в механическом отделении балластных и вредных примесей, рассортировке на классы по крупности и разделении на сорта в соответствии с требованиями основных потребителей. Совокупность указанных процессов называют обогащением.

Минеральные вещества, содержащиеся в добытом угле, можно разделить на следующие две группы, исходя из возможности их удаления при обогащении:

первая группа – рассредоточенные по всей массе угля мельчайшие минеральные частицы и соли, прочно связанные с органическим веществом, которые практически существующими методами механического обогащения отделить невозможно;

вторая группа – минералы в виде обломков из пропластков (прослоев) глин, песчаников, известняков, а также вмещающих пород (кровли и почвы), попавших в уголь при его добыче. Эти примеси могут быть частично или полностью удалены из угля при обогащении.

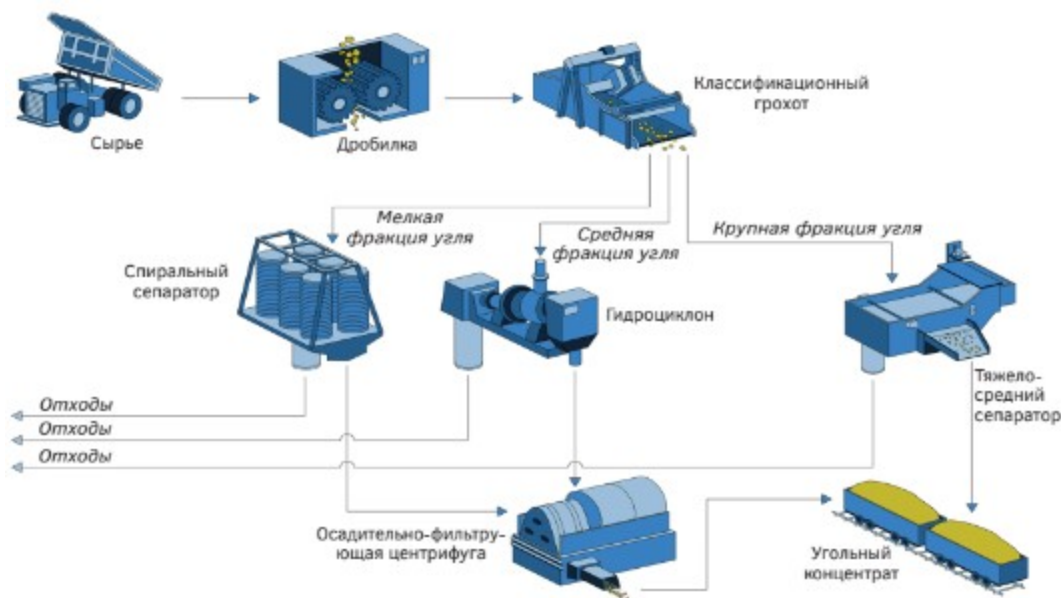


Рисунок 3.7. Общая схема технологического процесса обогащения угля

Количество минеральных примесей в углях характеризует их зольность, которую определяют сжиганием угольной пробы в стандартных условиях. Зольность является основным показателем качества угля при обогащении и его переработке. Поскольку

при определении зольности сжиганием происходит изменение массы минеральных примесей (удаление химически связанной воды, выделение углекислого газа и т. д.), то масса золы всегда меньше массы минеральных примесей.

### 3.3.1. Прием угля

Углеприем – первая технологическая операция подготовки угля.

На обогатительные фабрики уголь подают в скипах, шахтных вагонетках, железнодорожных вагонах, автомобильным, конвейерным транспортом и по трубопроводам в виде пульпы. Технология приема угля состоит из операций по выгрузке угля и загрузке его в приемные ямы (бункера), вместимостью 120 – 180 м<sup>3</sup> и более. На участке углеприема производится также отделение крупных кусков угля, отделение металлических и других посторонних предметов.

Система транспортных трактов, число ячеек аккумулирующих бункеров и вместимость угольного склада, входящих в состав углеприемных устройств, должны обеспечивать бесперебойный прием поступающих углей, их усреднение и шихтовку в соответствии с принятой на фабрике технологией.

На современных углеобогатительных фабриках рядовые угли, поступающие в стандартных железнодорожных вагонах, разгружают с помощью вагоноопрокидывателей. Ручная выгрузка на фабриках с механизированным углеприемом применяется в исключительных случаях – для разгрузки неисправных и нестандартных вагонов.

На углеобогатительных фабриках применяются вагоноопрокидыватели двух типов: роторные;

с боковой загрузкой, выбор которых зависит от условий компоновки углеприемных устройств.

Если находящийся в вагоне уголь обладает достаточной сыпучестью, то при повороте ротора на 170° вагон полностью опорожняется без всяких дополнительных мер. При влажном материале кузов вагона в опрокинутом положении подвергается вибрации для освобождения его от оставшегося угля.

При применении вагоноопрокидывателя с боковой загрузкой, наряду с преимуществами, заключающимся в основном в меньшем объеме строительных работ, и, следовательно, меньших капитальных затратах, имеется ряд недостатков: производительность на 20 – 30 % ниже; менее универсален; обладает более высокой металлоемкостью и требует большего расхода электроэнергии вследствие необходимости подъема вагона при его разгрузке.

В большей степени производительность вагоноопрокидывателя зависит от эффективной работы маневровых устройств, выполняющих операции по перемещению

вагонов в зоне действия вагоноопрокидывателя и подготовке их перед постановкой на приемную площадку.

Маневровые устройства МУ25 и МУ25А с тяговым усилием 25 тонн обеспечивают точную постановку вагонов при достаточно большой скорости (30 циклов/час).

Для извлечения и удаления ферромагнитных предметов из угля используются электромагнитные железоотделители. Железоотделители (шківные, барабанные, подвесные) устанавливаются на первых конвейерах, транспортирующих уголь из приемных бункеров вагоноопрокидывателя, чтобы металлические предметы удалялись как можно ближе к началу транспортно-технологического тракта.

В разгруженном угле также могут встречаться: дерево, электродетонаторы и т. д. Для предотвращения поломок оборудования эти предметы из угольного потока также необходимо удалить. Дерево и большие куски видимой породы выбираются с помощью барабанного грохота или породовыборщиками вручную. Автосамосвалы разгружаются самостоятельно. Для перемещения разгруженного ими угля применяются, как правило, погрузчики и бульдозеры. Внутри обогатительной фабрики продукция (концентрат, полупродукт, шлам, отходы обогащения) транспортируются с помощью конвейеров. Учет массы транспортируемой продукции и расхода ресурсов осуществляется с применением контрольно-измерительного оборудования (весов, расходомеров и т. д.). Монтаж оборудования осуществляется с помощью грузоподъемного оборудования (главным образом, кранов). Подогрев воздуха в помещениях осуществляется с применением калориферов. С помощью пробоотборников в целях контроля качества отгружаемой продукции из партий концентрата осуществляется отбор проб.

### **3.3.2. Подготовительные процессы**

Дробление углей.

Дробление – процесс разрушения угля под действием внешних сил до требуемой крупности и гранулометрического состава. Принято считать дроблением процесс, в результате которого получают продукты крупностью более 3 мм. Дробление осуществляется в дробилках.

На углеобогатительных фабриках дробление применяют вместе с грохочением для подготовки угля к обогащению и как самостоятельную операцию.

Дробление может быть: подготовительное – для подготовки угля к обогащению (дробление крупных кусков исходного угля или промежуточного продукта обогащения) ; окончательное – когда продукты дробления являются конечными (при получении сортовых углей для энергетических целей и шихты для коксования); избирательное – для обогащения по прочности, когда один из компонентов исходного материала имеет меньшую прочность и разрушается быстрее другого.

Предел крупности дробления определяется размером вкрапленности частиц угля и породы. Эту крупность устанавливают опытным путем для каждого полезного ископаемого.

В зависимости от крупности дробимого материала и дробленого продукта стадии дробления имеют особые названия: первая стадия – крупное дробление (до 200 – 300 мм); вторая стадия – среднее дробление (до 25 – 100 мм); третья стадия – мелкое дробление (до 3 – 10 мм).

Способы дробления, на которых основана работа дробилок:

раздавливание – для крупного и среднего дробления твердого угля и пород;

раскалывание – в большинстве случаев для крупного дробления хрупких углей;

удар – для меткого дробления угля и промежуточного продукта. [23]

Основными типами применяемых дробящих аппаратов являются:

щековые;

валковые;

молотковые (роторные).

Щековые дробилки.

Щековые дробилки применяют для дробления горной массы, содержащей крупнокусковую породу средней и большой прочности. Дробящими органами являются неподвижная щека (плита), закрепленная в корпусе, и подвижная щека, совершающая качание вокруг оси. Существуют щековые дробилки с простым (по дугам окружностей) и сложным (по замкнутым кривым) движением подвижной щеки.

Валковые дробилки.

Валковые дробилки используют принцип раздавливания и раскалывания материала, находящегося в рабочем пространстве между движущимися гладкими, рифлеными или зубчатыми цилиндрическими поверхностями.

В зависимости от конструктивных особенностей и назначения применяют валковые дробилки следующих типов:

одновалковые – для дробления агломерата и угля;

двухвалковые – для дробления горных пород и руд;

двухвалковые с зубчатыми валками – для дробления угля и мягких пород;

четыревалковые с гладкими валками для дробления кокса.

Наибольшее распространение получили двухвалковые дробилки. В зубчатых дробилках каждый валок состоит из вала и прикрепленного к нему многогранника, к которому болтами крепятся сменные зубчатые сегменты (бандажи) в виде отливок из марганцовистой стали.

Для крупного и среднего дробления рядовых углей и сланцев, содержащих крупнокусковую породу с коэффициентом крепости до 4, широкое применение имеют двухвалковые зубчатые дробилки типа ДДЗ, работающие по принципу раскалывания.

Наличие зубьев на валках способствует не только уменьшению выхода мелочи и расхода энергии на дробление, но и уменьшению диаметра валка.

Молотковые и роторные дробилки.

Молотковые и роторные дробилки с вращающимся ударным ротором бывают в основном двух типов:

молотковые с шарнирно подвешенными молотками;

роторные с жестко закрепленными лопатками (билами).

Молотковые и роторные дробилки пригодны для крупного, среднего и мелкого дробления угля. Достоинства этих дробилок заключаются в простоте их конструкции, компактности, надежности и относительно высокой степени дробления (10 – 20 и более).

В редких случаях используют дробилки конусные; отбойные центробежные, барабанные грохоты-дробилки.

Конусные дробилки.

По назначению различают конусные дробилки для крупного, среднего и мелкого дробления. В конусных дробилках уголь дробится в кольцевом пространстве, образованном наружной неподвижной конической чашей (верхней частью станины дробилки), и расположенным внутри этой чаши подвижным дробящим конусом. У дробилок для крупного дробления вал подвешивается к верхней траверсе, а у дробилок для среднего и мелкого дробления – на сферический подпятник, на который опирается дробящий конус, жестко закрепленный на валу. Основное дробящее действие конусных дробилок – раздавливание, но имеет место и разлом кусков при изгибе, возникающем, когда кусок зажат между вогнутой поверхностью чаши и выпуклой поверхностью дробящего конуса.

На обогатительных фабриках дробильные установки обычно совмещаются с сортировочными. Примерами являются дробильно-сортировочные установки, а также барабанные грохоты-дробилки, которые также осуществляют отделение посторонних предметов.

Грохочение – процесс разделения зернистых материалов по крупности на просеивающих поверхностях с калиброванными отверстиями.

Зерна (куски) угля, размер которых больше размера отверстий сита, остаются при просеивании на сите, а зерна меньших размеров проваливаются через отверстия.

Материал, поступающий на грохочение, называется исходным, а материал, остающийся на сите, – надрешетным (верхним) продуктом, проваливающийся через отверстия сита, – подрешетным (нижним) продуктом.

На обогатительных фабриках используются следующие виды грохочения:

предварительное, предусматривающее отделение из основной массы исходного материала крупных кусков для последующей их обработки, например дробления;



подготовительное, при котором исходный материал разделяют на несколько классов крупности, предназначенных для последующей отдельной обработки в различных обогатительных машинах; продукты подготовительного грохочения называют машинными классами;

окончательное, при котором исходный материал разделяют на классы крупности, размеры и зольность которых регламентируют; полученные классы являются готовой продукцией;

обезвоживающее, предусматривающее удаление содержащейся в продукте мокрого обогащения основной массы воды.

Эффективность грохочения определяется следующими факторами: гранулометрическим составом исходного материала, его влажностью, углом наклона грохота, амплитудой и частотой колебания грохота.

По крупности выделяют три вида зерен:

легкие, размер которых меньше, чем отверстие грохота; такие зерна легко отгрохачиваются и не снижают эффективность;

трудные, размер которых близок размеру отверстия грохота; такие зерна могут застревать в отверстиях, резко снижая эффективность;

затрудняющие, размер которых чуть больше отверстия грохота, такие зерна скапливаются на поверхности решета грохота, снижая эффективность грохочения. Таким образом, чем больше в материале трудных и затрудняющих зерен, тем ниже эффективность грохочения при прочих равных условиях.

Зерна, не прошедшие через отверстия грохота, называются надрешетным продуктом, а зерна, прошедшие через них, – подрешетным. Надрешетный и подрешетный продукты непрерывно удаляются.

Рабочими поверхностями грохотов могут быть колосниковые решетки, набранные из параллельных брусьев (круглые, квадратные, ромбические, в виде рельсов и т. д.), стальные решета со штампованными или сверленными отверстиями, плетеные сетки из стальной или латунной проволоки, резиновые маты со штампованными отверстиями, сита из синтетических материалов (полиуретан, капролак и др.).

Основными типами промышленных грохотов являются:

колосниковые;

валковые;

дуговые;

барабанные;

вибрационные.

Колосниковые грохоты.

Колосниковые грохоты, устанавливаемые под углом к горизонту, представляют собой решетки, собранные из колосников. Материал, загружаемый на верхний конец решетки, движется по ней под действием силы тяжести. При этом мелочь

проваливается через щели решетки, а крупный класс сходит в нижнем конце. Размер щели между колосниками – не меньше 50 мм, в редких случаях – 25 – 30 мм. Угол наклона решетки для углей составляет 30 – 35°. При переработке влажных материалов угол наклона грохота увеличивают на 5 – 10°. Эффективность грохочения колосниковых грохотов невысокая, она составляет около 70 %. Колосниковые грохоты применяют для предварительного отделения крупных кусков угля, выделения крупных посторонних примесей (дерева, металла).

#### Валковые грохоты.

Валковый грохот представляет собой наклонную площадку, набранную из горизонтальных параллельных осей, которые свободно вращаются в подшипниках. На каждую ось надет ряд металлических дисков, которые располагаются в шахматном порядке. На верхний край грохота подается исходный материал, при этом мелкий уголь проваливается сквозь промежутки между валками. Такие грохоты применяют для крупного грохочения углей. Эффективность их грохочения несколько выше, чем у колосниковых, и составляет около 75 %.

#### Дуговые грохоты.

В дуговых грохотах исходный материал самотеком или насосом подает на решетку в виде пульпы с содержанием твердого от 7 % до 70 %. Так как при этом обеспечивается высокая подвижность тонких частиц, эффективность грохочения достигает 70 – 80 %, даже несмотря на малый размер отверстий грохота. Дуговые грохоты предназначены для предварительного обезвоживания и обесшламливания (отделения класса – 0,5 мм) мелкого угля перед его обогащением гравитационными методами, выделения крупнозернистой части из угольной пульпы перед ее обогащением методом флотации. [23]

#### Барабанные грохоты.

Барабанные грохоты в зависимости от формы барабана могут быть цилиндрическими или коническими. Боковая поверхность барабана, образованная перфорированными стальными листами или сеткой, служит просеивающей поверхностью грохота.

Ось цилиндрического барабана наклонена к горизонту под углом 4 – 7°, а ось конического барабана горизонтальна. Уголь загружают внутрь барабана на верхнем конце, и вследствие вращения и наклона он продвигается вдоль оси барабана. Мелкий материал проваливается через отверстия, крупный – удаляется из барабана на нижнем конце.

Эффективность грохочения при использовании данного оборудования составляет 60 – 70 %.

#### Вибрационные грохоты.

Главной особенностью вибрационных грохотов является наличие вибрационного устройства, которое сообщает грохоту гармонические колебания (вибрации),

необходимые для процесса грохочения. По характеру колебаний все вибрационные грохоты можно разбить на две большие группы:

- с прямолинейными качаниями короба;
- с круговыми качаниями.

В первой группе наибольшее распространение получили самобалансные грохоты. Самобалансные грохоты имеют приводной механизм в виде двухвального вибровозбудителя.

Прямолинейные гармонические колебания короба грохота генерируются силой инерции двух противоположно вращающихся дебалансовых грузов. Короб с ситом, закрепленный на вертикальных упругих опорах, под действием вибровозбудителя совершает прямолинейные колебания под углом к плоскости сита.

Ко второй группе относятся, например, инерционные грохоты, которые изготавливаются в подвесном или в опорном исполнении. Предпочтение отдается опорным грохотам как более надежным в работе. Вибрационные грохоты характеризуются высокой производительностью и значительной эффективностью (75 – 85 %) грохочения, поэтому являются самыми распространенными.

### **3.3.3. Гравитационное обогащение**

Гравитационные методы обогащения заключаются в разделении частиц под действием собственного веса и сопротивления среды и основаны на различии в плотности минеральных зерен.

Гравитация является основным методом обогащения угля, что определяется большой разницей в удельных весах: уголь –  $0,8 - 1,5 \text{ г/см}^3$ ; глина –  $1,8 - 2,2 \text{ г/см}^3$ ; углистый сланец –  $1,7 - 2,2 \text{ г/см}^3$ ; сланцы –  $2 - 2,8 \text{ г/см}^3$ ; песчаник –  $2,2 - 2,6$ ; пирит –  $5 \text{ г/см}^3$ . Разделяющими средами при гравитационном обогащении могут быть водные суспензии, вода и воздух.

Гравитационные процессы отличаются большой скоростью разделения, высокой эффективностью и производительностью, дешевизной.

При обогащении угля применяются мокрые гравитационные процессы и сухие.

Преимуществом мокрых процессов является высокая эффективность, они применяются для сравнительно крупных углей. Показатели обогащения бывают выше, чем при сухих процессах обогащения. Недостатком мокрого обогащения является большое содержание влаги, а также необходимость использования воды для обогащения и связанные с этим затруднения при обогащении в районах с засушливым климатом.

Преимуществом сухого обогащения является отсутствие увеличения влажности угля.

К недостаткам сухого обогащения можно отнести ограничение по размеру углей (не крупнее 80 мм), значительное образование пыли, которую необходимо улавливать, а также возможность применения только к легкообогатимым углям, при этом наблюдаются низкие показатели обогащения по сравнению с мокрым процессом.

Применение сухого обогащения возможно лишь к углю с содержанием внешней влаги 3 – 5 %, иначе потребуется подсушка, а, следовательно, дополнительные затраты.

Выбор применения гидравлического или пневматического обогащения зависит от обогатимости обрабатываемого угля, от климатических условий, экономических факторов.

Часто крупные классы обогащаются мокрым способом, а мелкие – сухим, так как обезвоживание их затруднено.

Гравитационные методы включают:

обогащение в тяжелых средах (жидкостях и суспензиях);

отсадку;

обогащение в наклонно текущем потоке;

сухие методы обогащения.

### 3.3.3.1. Обогащение в тяжелых средах

Обогащение в тяжелых средах может осуществляться в жидкой (водно-утяжеленной) среде или в воздушных взвешах (аэросуспензиях). В качестве тяжелых сред применяют однородные органические жидкости и их растворы, водные растворы солей и суспензии.

К органическим тяжелым жидкостям относятся: трихлорэтан ( $d = 1460 \text{ кг/м}^3$ ), четыреххлористый углерод ( $d = 1600 \text{ кг/м}^3$ ), пятихлорэтан ( $d = 1680 \text{ кг/м}^3$ ), дибромэтан ( $d = 2170 \text{ кг/м}^3$ ), бромформ ( $d = 2810 \text{ кг/м}^3$ ) и др. Органические тяжелые жидкости в производственных условиях имеют ограниченное применение. Их используют в основном для разделения углей по плотности при выполнении фракционных анализов и оперативном контроле качества продуктов обогащения. Применение этих жидкостей сдерживается их высокой стоимостью, токсичностью, сложностью регенерации.

Водные растворы неорганических солей (хлористого кальция ( $d = 1654 \text{ кг/м}^3$ ), хлористого цинка ( $d = 2070 \text{ кг/м}^3$ ), йодистой ртути и йодистого калия ( $d = 3196 \text{ кг/м}^3$ ) и др.) применяются (в основном первые два раствора) для исследования углей на обогатимость и на этапе экспресс-контроля работы обогатительных машин.

Наиболее широкое применение в качестве тяжелой среды для разделения углей получили суспензии минеральных порошков высокой плотности. В качестве утяжелителя используют измельченные до крупности менее 0,1 мм различные минералы (иногда смесь минералов): магнетит, пирит, барит, кварцевый песок, глину и др. Утяжелитель должен обеспечивать приготовление суспензии заданной плотности

при объемной концентрации, не превышающей определенного предела. Механическая прочность утяжелителя должна быть достаточно высокой, чтобы при длительной циркуляции, не происходило его существенное измельчение. В то же время утяжелитель не должен быть абразивным. Гранулометрический состав утяжелителя выбирается таким образом, чтобы он обеспечивал образование относительно устойчивой к расслоению в поле силы тяжести суспензии.

Технология обогащения как крупных, так и мелких кусков угля в магнетитовой суспензии включает ряд технологических операций. К ним относятся:

- подготовка (классификация и обесшламливание) углей;
- приготовление рабочей суспензии;
- обогащение;
- отделение суспензии, промывка и обезвоживание продуктов обогащения;
- регенерация разбавленной суспензии;
- автоматическое регулирование плотности;
- циркуляция и распределение потоков рабочей суспензии.

### **3.3.3.2. Отсадка**

Отсадкой называется процесс разделения угольной смеси (угля, сростков и породы) по плотности в восходящей и нисходящей струях воды (мокрая отсадка) или воздуха (пневматическая отсадка), движущихся с переменной скоростью.

В процессе отсадки материал, помещенный на решетке отсадочной машины, периодически разрыхляется и уплотняется. Зерна обогащаемого материала под влиянием сил, действующих в пульсирующем потоке, перераспределяются таким образом, что в нижней части постели сосредотачиваются частицы максимальной плотности, а в верхней – минимальной.

В зависимости от размера зерен обогащаемых углей различают:

- отсадку крупных углей (крупность  $>10$  (13) мм, реже  $>25$  мм);
- отсадку мелких углей (крупность  $<10$  (13) мм или  $<25$  мм);
- отсадку широко классифицированных углей – совместное обогащение в отсадочной машине крупных и мелких классов угля, обычно 0,5 – 80 мм или 0,5 – 100 мм с предварительной классификацией рядового угля по верхней и нижней крупности;
- отсадку неклассифицированных углей – совместное обогащение в отсадочной машине крупных и мелких классов угля без предварительной классификации рядового угля по верхней и нижней крупности.

Различают основную (обогащение рядового угля) и контрольную (переобогащение промежуточного продукта) отсадку. Преимущества отсадки по сравнению с другими процессами гравитационного обогащения заключаются в универсальности, производственной простоте, технологической эффективности и экономичности.

Параметры отсадки или факторы, влияющие на процесс разделения материала по плотности, делятся на гидродинамические и технологические. К гидродинамическим относятся параметры, обуславливающие создание колебательного режима среды и взвешивание постели. К технологическим параметрам относятся факторы, определяемые качеством и количеством обогащаемых углей, т. е. их фракционным, гранулометрическим составами и удельными производительностями по исходному углю, отходам и промпродукту.

Оптимальные условия для успешного разделения углей по плотности достигаются путем регулировки подачи сжатого воздуха и подрешетной воды в отсадочную машину, при этом важную роль играют исходные параметры сжатого воздуха, его давление и характер подачи в отсадочную машину, т. е. воздушный цикл пульсаций.

Режим отсадки угля в значительной степени определяется его крупностью, гранулометрическим и фракционным составами.

Гранулометрический состав угля оказывает существенное влияние на технологические результаты обогащения отсадкой. Значительные колебания гранулометрического состава затрудняют регулировку отсадочных машин, ухудшают показатели. С уменьшением размера частиц точность разделения угля по плотности снижается, а показатели погрешности разделения возрастают.

Фракционный состав питания и диапазон плотностей разделения необходимо учитывать при выборе режима работы отсадочных машин. Для уменьшения влияния фракционного состава угля на результаты отсадки необходимо усреднение рядовых углей перед обогащением. Уменьшение контрастности, т. е. если граница разделения не явно выражена, влечет за собой снижение эффективности разделения, так как увеличивается взаимозасоряемость фракций.

### **3.3.3.3. Отсадочные машины**

Показатели обогащения пневматических машин (сепаратор СПБ-100 (уголь 30 – 100 мм и 13 – 100 мм), УМ-3, СПК-4, СПБВ, СП-75) несколько хуже, чем у отсадочных машин мокрого обогащения, так как содержание золы в концентрате у них на 1 – 2 % выше. Кроме того, пневматические машины гораздо чувствительнее к колебаниям состава питания. При обогащении угля используется преимущественно отсадка мокрым способом.

Мокрая отсадка применяется как для крупных (100 – 12 мм) так и для мелких классов (12 – 0,5 мм). Отсадка осуществляется для угля крупностью от 0,5 мм, поэтому перед обогащением на отсадочных машинах уголь должен подвергаться подготовке (грохочению).

Современные обогатительные фабрики оснащены в основном беспоршневыми отсадочными машинами, у которых процесс отсадки идет за счет создания колебательного движения постели сжатым воздухом в водной среде. Выпускаются

отсадочные машины с площадью отсадки от 8 до 24 м<sup>2</sup> и больше, состоящие из отдельных унифицированных секций. Новые отсадочные машины серии "МО" комплектуются вместе со специальными загрузочными устройствами, автоматическими устройствами для разгрузки тяжелых продуктов, обезвоживающими элеваторами, а иногда – воздуходувками.

В настоящее время на обогатительных фабриках применяются отсадочные машины с подрешетным расположением воздушных камер. В указанных машинах воздушные камеры дуговой формы находятся под решетом, занимая пространство по всей ширине корпуса. Это позволяет создать равномерную пульсацию воды и воздуха на всей площади машины, уменьшить ее габаритные размеры и массу. Отсадочная машина серии "ОМ" выполнена из трех унифицированных отделений. Корпус каждого отделения состоит из двух секций с водовоздушными камерами. В конце корпуса каждого отделения имеется разгрузочная камера со специальными шиберами, которыми регулируются ширина разгрузочной щели и высота порога перед последующим отделением.

Внизу камеры находится разгрузочная воронка с разгрузочным устройством, состоящим из вращающегося ротора и качающихся колосников, исполняющих роль предохранителя от попадания в ротор крупных кусков отходов и других предметов.

К разгрузочным воронкам подсоединяются элеваторы, выгружающие и обезвоживающие породные и промпродуктовые фракции, плотность выгружаемых фракций снижается от первого отделения к третьему.

#### **3.3.3.4. Обогащение в наклонно текущем потоке**

Обогащение в потоках, текущих по наклонным поверхностям, производится:

на концентрационных столах;

в шлюзах;

в желобах;

в винтовых сепараторах.

Движение пульпы в этих аппаратах происходит по наклонной поверхности под действием силы тяжести при малой (по сравнению с шириной и длиной аппарата) толщине потока.

Концентрационные столы.

Концентрация (обогащение) на столах – это процесс разделения по плотности в тонком слое воды, текущей по слабонаклонной плоскости (деке), совершающей асимметричные возвратно-поступательные движения в горизонтальной плоскости перпендикулярно направлению движения воды. Концентрацию на столе применяют при обогащении мелких классов 6 (12) + 0,5 мм углей, в основном для их обессеривания. Концентрационный стол состоит из плоскости (деки) с узкими рейками

(рифлями), опорного устройства и приводного механизма. Угол наклона деки – 4 – 10°. Для легких частиц преобладающими являются гидродинамическая и подъемная турбулентная силы, поэтому легкие частицы смывает в перпендикулярном к деке направлении. Частицы промежуточной плотности попадают между тяжелыми и легкими частицами.

### Шлюзы.

Шлюзы представляют собой слабонаклонные желоба, по которым движется поток воды со взвешенными и катящимися минеральными зёрнами, и кусками. При этом тяжелые частицы отлагаются на дне желоба, а легкие катятся по дну. Самые мелкие частицы движутся с водой во взвешенном состоянии и сносятся в конце шлюза. Улавливание и удержанию тяжелых частиц помогают шероховатые покрытия и трафареты, укладываемые на дно шлюза. Осевшие частицы на дне шлюза не остаются неподвижными. Вихревыми потоками осадок все время промывается, легкие частицы выносятся из осадка в поток, а их место занимают тяжелые частицы. Постепенно осадок уплотняется. После этого подача материала на шлюзы прекращается и осадок смывается (споласкивается) в отдельный приемник. Осадок (шлих) обычно представляет собой грубый концентрат, направляемый на дальнейшую доводку.

Для крупнозернистого материала применяют шлюзы с глубоким наполнением. Ширина шлюзов составляет 700 – 1800 мм, глубина – 750 – 900 мм, длина – до 150 м, угол наклона – 2 – 3°. На дно укладывают трафареты из разных материалов и разной формы. Трафареты изготовляют из дерева, рельсов, булыжника. По форме чаще всего это бруски, устанавливаемые поперек желоба. Под трафарет подстилают иногда плетеные циновки – маты или листы рифленой резины. При сполоске постепенно снимают трафареты, осадок собирают и смывают.

Для обогащения тонкозернистого материала применяют шлюзы с малым наполнением (до 10 мм). Дно устилают мягкими покрытиями – ворсисто-шероховатыми покровами. В качестве мягких покрытий применяют специальные ворсистые технические ткани и войлок, а также резиновые листы с ячеистым рифлением. Длина ворсистых шлюзов – 2 – 6 м.

### Винтовые сепараторы.

#### Обогащение угольных шламов в сепараторах с винтовыми желобами

Принцип обогащения на винтовых сепараторах заключается во взаимодействии сил, возникающих при прохождении пульпы по днищу винтового желоба. На частицы обогащаемого угля, движущиеся в виде двухфазной смеси, одновременно действуют силы тяжести и трения, центробежная и гидродинамические силы потока. В результате сочетания этих сил частицы твердого перемещаются не только по винтовой линии, но и циркулируют перпендикулярно потоку с различными скоростями, благодаря чему и достигается возможность разделения обогащаемого материала по плотности, крупности и форме. Более плотные частицы располагаются в нижних, а менее плотные



– в верхних слоях потока. Тяжелые частицы (зерна породы), находящиеся в нижних слоях потока непосредственно на поверхности желоба, испытывают большое влияние сил трения.

Путем подбора угла наклона для днища желоба и радиуса закругления его витков создаются условия, при которых более плотные частицы сползают в сторону внутреннего борта. Тогда равнодействующая сил тяжести и центробежной, действующих на породные частицы, направлена в сторону внутреннего борта. В то же время легкие угольные частицы подвергаются более сильному воздействию гидродинамической силы потока, и равнодействующая указанных сил на эти частицы направлена в сторону внешнего борта.

Рабочим элементом сепаратора является винтовой желоб, который укреплен в металлическом каркасе. В сепараторе, как правило, два-три желоба, в некоторых конструкциях – пять, в одном желобе – не более пяти витков.

Отходы и промпродукт выводятся из процесса с помощью отсекателей, устанавливаемых на дне желоба. Исходный обогащаемый продукт после гидравлической классификации в гидроциклонах поступает на верхний виток желоба, двигаясь по которому он описывает несколько полных оборотов. Для улучшения разделения угля на внутренний борт желоба сепаратора подается вода в нескольких точках.

Обогащение угольных шламов на винтовых шлюзах.

Опыт обогащения угольных шламов на винтовых сепараторах показывает, что для частиц крупностью менее 0,2 мм нужно снижать высоту центров расположения их в потоке, что может быть выполнено за счет уменьшения толщины потока. Один из способов простейшей реализации этого требования – применение сепараторов с более пологим и даже плоским профилем поперечного сечения, что реализовано в конструкциях винтовых шлюзов.

Результаты обогащения угольных шламов на винтовых сепараторах и шлюзах свидетельствуют, что обогащение на чрезвычайно простых аппаратах с винтовой рабочей поверхностью позволяет значительно улучшить технологические показатели работы фабрики за счет снижения зольности выпускаемой продукции или дополнительного получения продуктов обогащения из мелкозернистых отходов.

Противоточные сепараторы могут применяться для обогащения энергетических углей, удаления породы из горной массы на шахтах и разрезах. Основное оборудование для противоточной сепарации – сепараторы типа СШ, СВШ и крутонаклонные КНС.

Принцип обогащения угля в противоточных сепараторах заключается в разделении материала на легкую и тяжелую фракции под действием системы силовых полей, направленных под углом друг к другу. Поле силы тяжести и гидродинамическое воздействие потока разделительной среды обеспечивают не только их расслоение, но и направленное транспортирование продуктов обогащения.

Шнековые и крутонаклонные сепараторы отличаются друг от друга воздействием потока среды на обогащаемый материал, методами транспортирования продуктов обогащения и способами регулирования рабочего режима. Получаемые продукты обогащения в рабочей зоне сепараторов движутся в противоположных направлениях: легкие фракции – по движению потока разделительной среды, тяжелые – навстречу им.

В горизонтальном шнековом сепараторе типа СШ исходный уголь поступает в сепаратор через центральную часть цилиндрического корпуса, снабженного шнеком.

Поток разделительной среды подается в сепаратор навстречу движению шнека и транспортирует легкие фракции к месту их разгрузки. Тяжелые частицы навстречу потоку транспортируются шнеком.

В горизонтальных сепараторах шнек используют не только как транспортный орган, но и как устройство, способствующее разделению материала. Его вращение обеспечивает необходимый массообмен между двумя потоками, своевременное удаление тяжелых фракций, поддержание равномерного распределения материала и ликвидацию "застойных зон".

Вертикальный шнековый сепаратор типа СВШ устроен иначе. У него другая форма шнека, и загрузка осуществляется через полый вал, но принцип работы, по существу, тот же, что и в горизонтальном шнековом сепараторе. Легкие фракции транспортируются спиральным восходящим потоком разделительной среды, образованным шнеком и цилиндрическим корпусом, а тяжелые фракции под действием центробежной и гравитационной сил движутся по наклонной спирали шнека вниз. Основные параметры регулирования разделения в сепараторах типа СШ и СВШ – расход воды и частота вращения шнека.

Крутонаклонный сепаратор представляет собой короб прямоугольного сечения, наклоненный под углом  $46 - 54^\circ$  к горизонту. В средней части корпуса имеется загрузочный желоб для подачи в аппарат исходного угля. На верхней крышке каждого из отделений сепаратора укреплены винтовые регуляторы, поддерживающие внутри рабочего канала две специальные деки, снабженные зигзагообразными поперечными перегородками.

Угол наклона корпуса сепаратора определяет степень разрыхления материала в рабочей зоне. При обогащении крупных классов и углей, классифицированных по узкой шкале, угол наклона должен быть больше, чем при обогащении неклассифицированных и необесшламленных углей.

Крутонаклонные сепараторы КНС применяются для обогащения разубоженных углей, крупнозернистых шламов и механизации выборки породы крупностью до 150 мм.

#### **3.3.4. Флотация**

Флотационный метод основан на использовании различий в естественной или создаваемой реагентами смачиваемости минералов. На основании этой особенности частицы угля прилипают к поверхности раздела фаз, частицы другой породы – не прилипают.

Флотация предполагает разделение тонкоизмельченных горных пород и тем самым обеспечивает снижение зольности угля. Поэтому флотация – наиболее эффективный и практически единственный метод обогащения угля, содержащего мелкие частицы пирита, гипса, песчаника, сланца, серы, а также каменноугольных шламов. На большинстве обогатительных фабрик угольный шлам формируется в результате сгущения шламовых вод, накапливающихся в процессе обезвоживания продуктов грохочения.

Объем угольных шламов, подвергающихся флотационному обогащению на углеобогатительных фабриках, постоянно увеличивается и на некоторых достигает 20 – 25 % от перерабатываемого угля.

По принципу действия различают флотацию:

масляную;

пленочную;

пенную.

Масляная и пленочная флотация при обогащении углей не получили распространения из-за недостаточной эффективности и малой производительности оборудования.

Пенная флотация получила всеобщее признание и промышленное распространение. Она заключается в том, что в аэрированной, насыщенной пузырьками воздуха пульпе при непрерывном подъеме вверх воздушных пузырьков происходит избирательное прилипание к ним относительно чистых угольных частиц, характеризующихся гидрофобными свойствами. Прилипшие частицы выносятся на поверхность, где снимаются специальными устройствами. Частицы пустой породы (характеризующиеся гидрофильными свойствами) смачиваются водой, к воздушным пузырькам не прилипают и остаются в пульпе, образуя так называемый камерный продукт. В пену иногда поднимаются глинистые частицы, увлекаемые пузырьками воздуха или более крупными частицами угля, но они имеют более слабые связи с пузырьками воздуха и легко вымываются из пены водой, движущейся между пузырьками. Описанный способ называется прямой флотацией – полезный компонент (уголь) накапливается в пене, а отходы (пустая порода) остаются в пульпе. Пенная флотация применяется для обогащения частиц шлама размером менее 0,5 мм. Для интенсификации пенной флотации в пульпу добавляются специальные реагенты.

В зависимости от назначения выделяют следующие группы реагентов: собиратели (коллекторы), пенообразователи (вспениватели), активаторы, депрессоры (депрессанты, подавители) и регуляторы среды:

собиратели повышают гидрофобность извлекаемой породы. Это органические вещества. Собиратели могут быть аполярными или гетерополярными. Аполярные собиратели содержат в своей молекуле углеводородную цепочку. Гетерополярные собиратели состоят из двух частей, отличных по своим физико-химическим свойствам: углеводородной цепочки и активной группы. Для флотации угля (за исключением окисленного угля) обычно применяют аполярные собиратели, в том числе продукты переработки угля, нефти и газа (масла, фенол, бензол, керосин, печное топливо и т. д.); пенообразователи способствуют созданию устойчивой минерализованной пены. [23 ]

Это органические соединения, в основном из класса спиртов;  
депрессоры повышают гидрофильность неизвлекаемого минерала. Это различные минеральные соли, кислоты и основания;

активаторы усиливают действие собирателя на извлекаемый минерал. Это различные минеральные соли, кислоты и основания;

регуляторы среды поддерживают рН пульпы в требуемых пределах. Обычно флотация угольных шламов протекает в нейтральной среде. Если необходимо сдвигать рН в кислую область, то чаще используют серную кислоту; если в щелочную, то щелочи (CaO, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaOH).

Различные свойства угля оказывают влияние на его пригодность для флотации: степень метаморфизма. Лучше флотируются угли средней стадии метаморфизма (К, Ж и ОС);

петрографический состав. Блестящие ингредиенты углей (ветрен и кларен) флотируются лучше матовых (дюрен и фюзен);

степень окисления. Окисленные угли флотируются хуже неокисленных. [25]

При небольшом окислении поверхности углей положительное действие оказывает применение реагентов, содержащих молекулы типа спиртов. Окисленный шлам требует большого времени флотации;

характер вкрапления пустой породы. В настоящее время на флотацию поступает большое количество труднообогатимых шламов, т. е. сростков угля с породой, что значительно усложняет технологию флотации. Наличие тонкой вкрапленности неорганических минералов определяет трудность флотационного обогащения;

гранулометрический состав. Оптимальной крупностью зерен угля в питании флотации считается размер до 0,5 мм, причем наилучшей флотируемостью обладают частицы класса 0,08 – 0,3 мм. С уменьшением крупности шлама увеличивается вероятность механического уноса породных частиц в пенный продукт. При наличии избыточного количества крупных частиц увеличиваются потери низкочольного угля с отходами флотации. Крупность шлама также влияет на расход реагентов: с уменьшением размеров твердых частиц увеличивается общая площадь их поверхности

и соответственно количество реагента-собирателя, а также увеличиваются время флотации и объем пенного продукта;

форма частиц. Форма, а также положение частицы в момент соприкосновения ее с пузырьком воздуха играют большую роль. Так, плоские частицы при соприкосновении с пузырьком плоскостью наибольшего сечения должны закрепиться лучше, чем шарообразные зерна или частицы другой формы, но соприкоснувшиеся с пузырьком небольшим участком своей поверхности. Плоские частицы угля, хорошо закрепившиеся на воздушных пузырьках, способствуют стабилизации пены;

наличие размокаемых глинистых включений. Глинистое вещество представлено различными минералами. Они очень часто заполняют мельчайшие трещины, образуя в них агрегаты тончайших чешуек. Глинистые минералы легко размокают в воде, образуя огромное число тончайших глинистых шламов, которые нарушают процесс флотации;

фракционный состав. По данным фракционного состава можно судить о теоретически возможных показателях флотации. В угольных шламах содержится от 3 % до 30 % промежуточных (по плотности) фракций. При высоком содержании этих фракций и их высокой зольности практически невозможно получить два конечных продукта обогащения – концентрат и отходы. Промежуточные фракции, как правило, выделяются в последних камерах флотомашин. Высокозольные промежуточные фракции выделяют в отдельный конечный продукт крайне редко, т. к. это связано с усложнением технологической схемы;

содержание твердого компонента в пульпе. Для получения качественных продуктов флотации следует применять разбавленную пульпу (менее 100 г/л), хотя при этом общее извлечение уменьшается. Максимальный выход концентрата достигается при более высокой плотности пульпы, но при этом повышается ее вязкость и качество концентрата резко ухудшается.

Флотация осуществляется в специальных флотационных машинах. Они должны обеспечивать:

непрерывную равномерную подачу пульпы и разгрузку продукции;

интенсивное перемешивание пульпы для поддержания частиц во взвешенном состоянии и контактирования их с воздушными пузырьками;

оптимальную аэрированность пульпы;

создание спокойной зоны пенообразования.

Классификацию флотационных машин чаще всего производят в зависимости от способа аэрации и перемешивания пульпы. По этому признаку машины разделяют на несколько типов. Наиболее широко среди них распространены механические, пневматические и пневмомеханические:

механические машины осуществляют перемешивание пульпы, засасывание и диспергирование воздуха импеллером (мешалкой);

пневматические машины осуществляют перемешивание и аэрацию пульпы подачей сжатого воздуха через патрубки или пористые перегородки (рисунок 3.8);

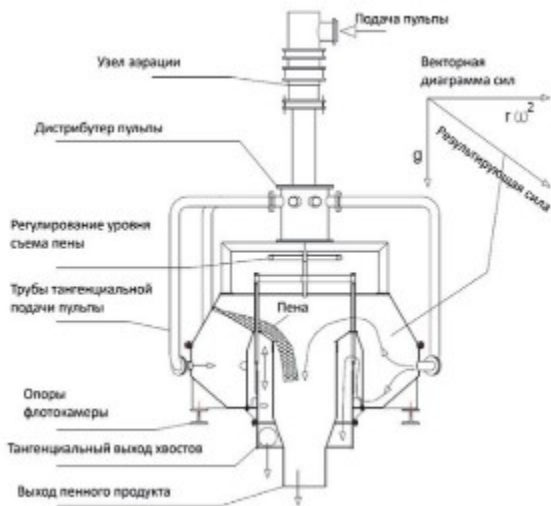


Рисунок 3.8. Схема принципа работы пневматической флотации

пневмомеханические машины подают воздух от воздуходувки, но перемешивание пульпы и диспергирование воздуха осуществляют импеллером. [23]

Существуют пневмогидравлические машины с самоаэрацией или использованием для диспергирования принудительно подаваемого воздуха от различных гидравлических устройств.

Электрофлотационные машины осуществляют аэрацию пузырьками воздуха, выделяющимися при электролизе.

В машинах с изменяемым давлением аэрация обеспечивается выделением растворенных в пульпе газов.

Комбинированные машины осуществляют аэрацию несколькими способами.

Оптимальное содержание твердой компоненты в питании флотации составляет 80 – 120 кг/м<sup>3</sup>. Положительно сказывается на результатах флотации подогрев пульпы до 27 – 30 °С. Реагентный режим флотации предусматривает состав реагентов, их количество и способ загрузки. Характерный расход собирателя составляет 600 – 1500 г/т, пенообразователя – 20 – 200 г/т. Для повышения эффективности флотации применяют дробную загрузку реагентов: часть реагентов подают в пульпу перед флотацией, а часть непосредственно в камеры флотационной машины. Оптимальное время флотации, т. е. необходимая продолжительность пребывания пульпы в машине, зависит от свойств флотируемого угля и условий флотации и составляет 5 – 9 минут. [23]

Для удаления воздуха из пенного продукта применяют пеногасительные устройства. Разрушение пены необходимо для улучшения транспортирования ее по желобам, работы вакуум-фильтров и насосов, перекачивающих пенные продукты флотации. По

принципу действия их делят на механические, вакуумные, вакуум-механические и центробежные.

### **3.3.5. Специальные методы обогащения**

#### **3.3.5.1. Электрическая сепарация**

Электрическая сепарация (электрический способ обогащения) основана на различиях в электрических свойствах разделяемых минералов и осуществляется под влиянием электрического поля. Минеральные частицы пыли и многозольный фюзен обладают большой электропроводностью (проводимостью) и способны быстро заряжаться электричеством, тогда как угольные зерна или малозольный витрен этими свойствами не обладают.

Электрическая сепарация в настоящее время для обогащения углей практически не используется из-за малой области ее применения по классам и влаге, а также из-за опасности процесса из-за токов высокого напряжения и большой вероятности воспламенения (взрыва) угольной пыли.

Условия, необходимые для успешного проведения электростатической сепарации, следующие:

максимальная крупность угля – не более 2 мм;

влажность – не более 1 – 1,5 %;

содержание золы – более 10 % (содержание серы и других примесей во внимание не принимается);

ток напряжением 20 – 25 кВ. [25]

Сущность электрического способа обогащения состоит в том, что на частицы, имеющие различный заряд, в электрическом поле действует разная по значению сила, поэтому они движутся по различным траекториям. Процесс электрической сепарации можно условно разделить на три стадии:

1) подготовка материала к сепарации;

2) зарядка частиц, которая может осуществляться разными способами:

контактная электризация (осуществляется непосредственным соприкосновением частиц полезного ископаемого с заряженным электродом);

зарядка ионизацией (осуществляется воздействием на частицы подвижными ионами ; наиболее распространенный источник ионов – коронный разряд);

зарядка частиц за счет трибоэлектрического эффекта (возникновение электрического заряда на поверхности частицы при ее соударении с другой частицей или со стенками аппарата);

3) разделение заряженных частиц, для чего применяют электростатические сепараторы, коронные сепараторы, коронно-электростатические сепараторы.

#### **3.3.5.2. Масляная агломерация (грануляция)**

В настоящее время реально рассматривать в качестве одного из альтернативных вариантов процессу флотации угля технологию селективной масляной агломерации тонких шламов, основанную на различном смачивании угольных и породных частиц масляными реагентами в водной среде. Сущность процесса заключается в селективном образовании углемасляных агрегатов при перемешивании пульпы в присутствии углеводородного связующего. В результате турбулизации пульпы, образовавшиеся агрегаты уплотняются, структурно преобразовываясь в прочные гранулы сферической формы. При этом, в зависимости от концентрации связующего, образование агрегатов может происходить либо путем слипания обмасленных угольных частиц через тонкую пленку связующего, либо в результате избирательного наполнения капелек масла гидрофобными угольными частицами.

К достоинствам процесса масляной агломерации можно отнести высокую селективность при разделении частиц менее 100 мкм, широкий диапазон зольности обогащаемого угля, возможность вести процесс при плотности пульпы до 600 г/л, дополнительное обезвоживание концентрата за счет вытеснения воды маслом при образовании углемасляных гранул, практически полное извлечение (более 90 %) в угольный концентрат органической части угля и углеводородного связующего, что обеспечивает снижение зольности конечного продукта и повышение его теплотворной способности.

Основным недостатком, сдерживающим широкое внедрение масляной селекции в производство, является высокий расход масляного агента, обусловленный необходимостью получения крупных агрегатов, чтобы при разделении агрегированного продукта и минерализованной суспензии на сите не происходило засорение подрешетного продукта мелкими угольными агрегатами.

Разработка новых "низкорасходных" по маслу технологий масляной агломерации, развитие вспомогательных процессов, в частности обезмасливания концентрата, а также выявление областей применения процесса, не выдвигающих жестких требований к расходу связующего вещества (подготовка угля к брикетированию, облагораживание угля перед ожигением, утилизация маслосодержащих отходов и др.) дают новый стимул для развития данной технологии.

Перспективы технологии масляной агломерации открываются при применении его на теплоэлектростанциях и котельных, потребляющих жидкое топливо. В этом случае низкозольные гранулы могут служить высококалорийным наполнителем водоуглемазутной суспензии, сжигаемой с помощью мазутных форсунок. При добыче и переработке энергетических углей из дальнейшего использования обычно исключаются угольные шламы, которые в виде шламовой воды сбрасываются в наружные отстойники. В результате этого теряется большое количество ценной органической составляющей углей, происходит загрязнение окружающей среды. Использование масляной агломерации при обогащении шламов энергетических углей



позволяет получить высококалорийное топливо при низких затратах на обезвоживание концентрата.

### **3.3.5.3. Магнитное и электромагнитное обогащение**

Угольное вещество является диамагнитным. Удельная магнитная восприимчивость диамагнитных тел отрицательная. Минеральные примеси в углях характеризуются парамагнитными свойствами. Различия в магнитных свойствах угольного вещества и минеральных примесей позволяют в принципе использовать магнитный метод для обогащения угля. Данный метод включает процессы магнитной сепарации и магнитной флотации.

В первую очередь магнитное обогащение перспективно для удаления примесей, содержащих соединения железа (оксиды, пирит).

Магнитная (или электромагнитная) сепарация может применяться для регенерации суспензии в рамках гравитационного обогащения мокрым способом. Технологические операции, входящие в схему подобной регенерации, включают: сбор и подачу в магнитные сепараторы промывных вод, дренажных вод и случайных переливов, содержащих магнетит, а также части рабочей суспензии; магнитное обогащение с целью выделения из разбавленной суспензии магнетитового концентрата; подачу регенерированной суспензии в систему циркуляции рабочей суспензии; вывод сгущенного немагнитного шлама с отходами регенерации; подачу слива магнитных сепараторов на ополаскивание продуктов обогащения. [26]

Принцип действия данного метода обогащения связан с тем, что чем выше удельная магнитная восприимчивость минерального зерна, тем с большей силой магнитное поле воздействует на него (при прочих равных условиях). Минеральные зерна, для которых магнитная сила больше суммы противодействующих механических сил (тяжести, инерции, центробежной, сопротивления среды и т. д.), будут притягиваться к полюсам магнитной системы сепаратора и извлекаться в магнитный продукт. Минеральные зерна с низкой магнитной восприимчивостью практически не меняют намагниченности, не взаимодействуют с внешним магнитным полем и движутся в магнитном поле по траектории, зависящей от воздействия только механических сил. Эти минеральные зерна выделяются в немагнитный продукт.

Сепараторы могут иметь в своей основе электромагнит (электросепараторы) или постоянный магнит (магнитные сепараторы). [20] Для обогащения полезных ископаемых крупностью от 3 – 6 до 100 мм применяется сухая магнитная сепарация мельче 3 – 6 мм, обычно мокрая. В зависимости от типа устройства для транспортирования магнитного продукта из зоны действия магнитной силы различают барабанные, валковые, роликовые, дисковые, ленточные, шкивные и другие сепараторы. В свою очередь барабанные, валковые, роликовые и ленточные сепараторы бывают с верхней и нижней подачей обогащаемого материала.

### 3.3.6. Обезвоживание

В большинстве случаев полезные ископаемые обогащают в водной среде, потому получаемые продукты обогащения содержат значительное количество воды и не пригодны для транспортирования и дальнейшего применения.

Ряд операций, применяемых для удаления воды (влаги) из продуктов обогащения называют – обезвоживанием. В более широком смысле под обезвоживанием понимают процесс отделения жидкой фазы от твердой.

Получаемые на обогатительных фабриках промежуточные продукты, как правило, представлены жидкими пульпами. Присутствующую в угле внешнюю влагу подразделяют на гравитационную, капиллярную, пленочную и гигроскопическую:

свободная (гравитационная) удаляется под действием сил тяжести; продукты обогащения представляют собой суспензии;

капиллярная удерживается силами капиллярного давления и удаляется с помощью внешних сил; продукты называются влажными (мокрыми);

пленочная удерживается на поверхности частиц силами молекулярного притяжения между молекулами воды и частиц; продукты называют воздушно-сухими;

гигроскопическая содержится в сухих продуктах и удерживается на поверхности частиц адсорбционными силами в виде мономолекулярных пленок.

В зависимости от характеристик материала (главным образом, начальной влажности, гранулометрического и минералогического составов) используют различные методы обезвоживания. Для сравнительно крупных частиц – дренирование, центрифугирование; для мелких частиц – сгущение и фильтрацию (фильтрование). Часто необходимой конечной влажности трудно достичь за одну стадию, поэтому на практике для некоторых продуктов обогащения используют операции обезвоживания разными способами в несколько стадий. Последней операцией обезвоживания является сушка.

Дренирование – наиболее простой способ удаления влаги, применяемый в основном к крупно- и среднезернистым продуктам (конечная влажность 5 – 10 %).

Дренирование заключается в естественной фильтрации жидкости через слой материала и пористую перегородку под действием сил тяжести. [27] Дренирование осуществляется грохотами (для крупного концентрата) и элеваторами (в том числе багер-элеваторами и багер-сборниками) (для мелкого концентрата). [28]

Центрифугирование – разделение неоднородных суспензий с относительно крупными частицами при помощи центробежных сил. Центрифугирование осуществляется различными видами центрифуг (фильтрующими, отсаживающими, комбинированными).

После центрифугирования получают продукты с содержанием влаги 10 – 15 %.

Сгущение – повышение концентрации твердой фазы в сгущенном продукте по сравнению с исходной пульпой или суспензией. Сгущение осуществляется под действием силы тяжести или центробежной силы. [29] После сгущения получают продукты с содержанием влаги 40 – 60 %. Сгущение продуктов производят в одно- и многоярусных цилиндрических (радиальных) сгустителях диаметром 2,5 – 30 м, гидросепараторах (небольшие сгустители с центральным приводом для сгущения пульп, содержащих быстрооседающую твердую фазу), гидроциклонах (если при сгущении не требуется получения чистого слива). Также могут применяться отстойник-гидроклассификаторы.

Фильтрация – разделение суспензий с относительно мелкими частицами в специальных аппаратах (фильтрах), снабженных пористыми фильтровальными перегородками, которые пропускают жидкость, но задерживают твердую фазу. После сгущения получают продукты с содержанием влаги 10 – 15 %. Фильтрацию осуществляют на барабанных, дисковых, карусельных, камерных и ленточных вакуум-фильтрах (для шламов крупностью 0,5 – 3 мм), а также на фильтр – прессах (для шламов крупностью менее 0,5 мм). Сгущение и фильтрацию можно интенсифицировать обработкой жидких пульп с помощью флокулянтов (полиакриламида и т. д.).

Сушку (термическое обезвоживание) продуктов обогащения осуществляют следующим образом:

флотоконцентрат – в прямоточных барабанных сушилках с цепными насадками;

отходы флотации – в противоточных или прямоточных барабанных сушилках с цепными насадками;

мелкий концентрат и его смесь с флотоконцентратом и шламом – в барабанных сушилках с комбинированными насадками, в сушилках кипящего слоя, в трубах-сушилках и пневмосопловых сушилках;

антрациты – в сушилках кипящего слоя, в пневмосопловых сушилках, в трубах-сушилках.

Для обезвоживания продуктов отсадки применяют грохоты (инерционные и конические), элеваторы (в том числе багер-элеваторы) и центрифуги. Грохоты и элеваторы предназначены для первичного обезвоживания концентрата, промпродукта и породы. Центрифуги осуществляют вторичное обезвоживание промпродукта и мелкого концентрата. Для предварительного сброса воды перед обезвоживающими аппаратами устанавливаются щелевидные подвижные сита. [28]

Для обезвоживания продуктов обогащения в тяжелых средах применяют грохоты. Кроме того, в процессе регенерации суспензия подвергается сгущению. [30]

Для обезвоживания флотоконцентрата принимаются, как правило, дисковые вакуум-фильтры. Пульпа в вакуум-фильтр подается с избытком в 10 %. При напорной подаче флотоконцентрата на фильтрацию предусматриваются мероприятия по

пеногашению. Наиболее труднофильтруемые флотоконцентраты обезвоживаются с использованием флокулянтов, для чего предусматривают комплектование вакуум-фильтров загрузочными устройствами. Обезвоживание флотоконцентрата также может производиться в центрифугах с последующим сгущением концентрата в сгустителе. [29]

Для обезвоживания наиболее высокодисперсных взвесей крупностью менее 0,5 мм применяются фильтр-прессы. [25]

В результате сортировки угля (например, грохочения) образуются шламовые воды. Эти шламовые воды подвергаются обесшламливанию. Для обесшламливания применяются классификаторы, а также вспомогательные устройства (грохоты, дуговые сита, загрузочные устройства, багер-зумпфы). Эффективность обесшламливания в классификаторах составляет 70 – 90 %. [30]

При проектировании водно-шламового хозяйства следует предусматривать:

замкнутый цикл водно-шламового хозяйства в пределах промплощадки фабрики; исключение сброса загрязненных вод за пределы объектов фабрики.

Во всех водно-шламовых схемах следует предусматривать подачу части пульпы (слива гидроциклонов контроля крупности) на флотацию, части – в оборот (на мокрую классификацию). Размещение сооружений и устройств водно-шламового хозяйства должно, как правило, обеспечивать самотечный транспорт загрязненных вод и более плотных пульп.

### **3.3.7. Брикетирование**

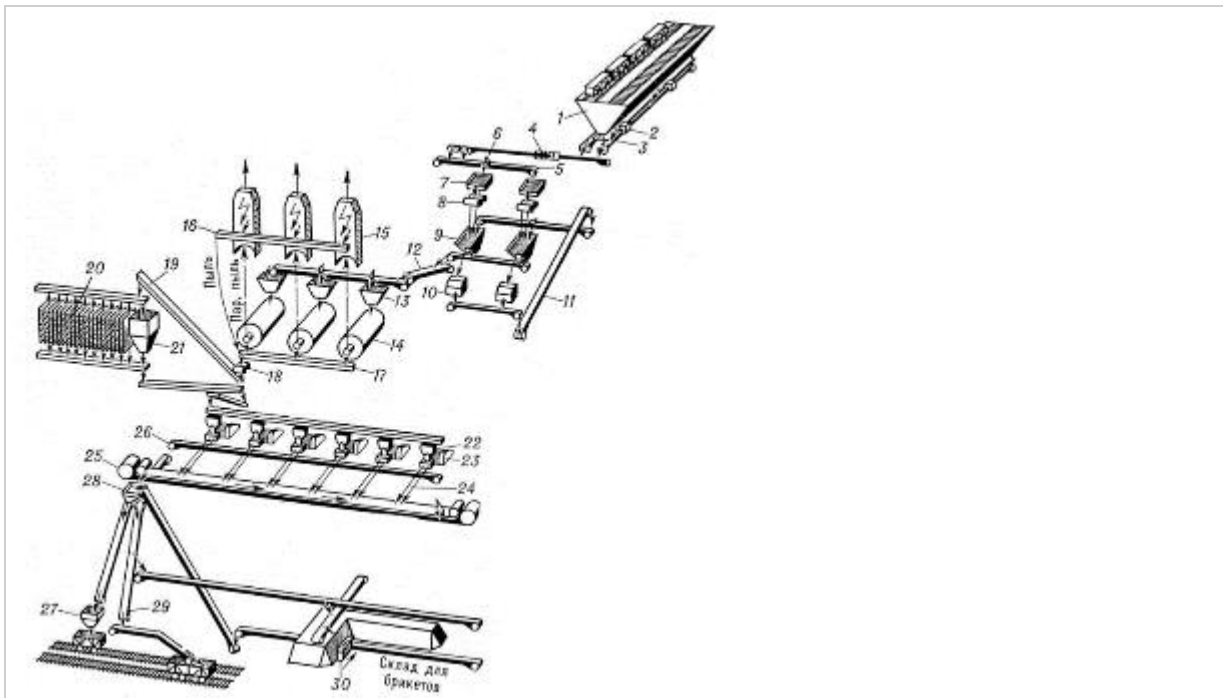
Получаемые в результате обогащения угольные концентраты зачастую представляют собой совокупность мелкодисперсных частиц, которые часто бывают непригодными для транспортировки и прямого использования. Поэтому для их применения осуществляют операцию окускования. Процесс окускования мелкозернистых материалов за счет прессования под давлением в стандартные куски называют брикетированием.

Схема получения технологических брикетов (для полукоксования и коксования) включает дополнительную операцию измельчения исходного материала до крупности 1 мм (после сушки).

Каменный уголь характеризуется менее плотной структурой, меньшей пластичностью и меньшим содержанием битумов (менее 3 %). Поэтому мелочь каменных углей (марок Д, Т), коксовой шихты с повышенным содержанием слабоспекающихся углей брикетуется при давлении 20 – 80 МПа с различными связующими веществами (пек, нефтебитумы) или без них, но при предварительном нагреве до температуры пластического состояния (400 – 500 °С). При этом зольность углей не должна превышать 25 %.

Принципиальная схема брикетирования каменноугольных брикетов включает следующие операции:

- сушка рядового угля;
- дробление до крупности 3 мм (с предварительным грохочением);
- смешивание с подогретым до 120 – 180 °С связующим веществом (при этом вся шихта нагревается до температуры 75 – 80 °С);
- прессование;
- охлаждение брикетов;
- складирование. [23]



1 – приемный бункер для рядового угля; 2 – лопастные питатели; 3 – ленточные конвейеры для рядового угля; 4 – автоматические весы; 5 – распределительный ленточный конвейер; 6 – плужковые сбрасыватели; 7 – дисковые грохоты с отверстиями в просеивающей поверхности 25 мм; 8 – двухвалковые зубчатые дробилки ; 9 – дисковые грохоты с отверстиями в просеивающей поверхности 6 мм; 10 – молотковые дробилки; 11 – ленточные конвейеры для возврата дробленого угля на повторное грохочение; 12 – ленточные конвейеры для сбора и транспортировки мелкого угля; 13 – бункеры сушилок; 14 – паровые трубчатые сушилки; 15 – электрофильтры к сушилкам; 16 – скребковый конвейер для сбора пыли с электрофильтров; 17 – цепной конвейер для сухого угля с ситом (отверстия 6 мм); 18 – валковая дробилка для дробления угля св. 6 мм; 19 – скребковый конвейер для сухого угля; 20 – жалюзийный охладитель; 21 – бункер для избытка сухого угля; 22 – бункеры штемпельных прессов; 23 – штемпельные прессы; 24 – охладительные желоба; 25 – ленточный сетчатый конвейер для охлаждения брикетов; 26 – ленточный конвейер для

разбитых брикетов; 27 – бункер для разбитых брикетов; 28 – грохот с подвижными колосниками для отделения мелочи; 29 – ленточный конвейер для подачи брикетов на погрузочный пункт или на склад; 30 – погрузочная машина для брикетов на складе.

Рисунок 3.9. Технологическая схема производства брикетов, используемых как энергетическое топливо

### **3.4. Складирование продукции производства**

Складирование угля.

Складирование угля на складах в большинстве своем осуществляется в открытых штабелях (реже – в бункерах и закрытых складах). При необходимости на складе должно осуществляться раздельное хранение углей по сортамаркам, состоянию и срокам хранения. Контроль качества угля осуществляется с помощью лабораторного комплекса, который проводит анализ изменения состава и параметров угля и продуктов обогащения (при наличии данной стадии).

Противодействие нагреву и самовозгоранию.

Для предупреждения нагревания и самовозгорания при хранении наиболее склонных к окислению углей (помимо послойного и поверхностного уплотнения их в штабеле для рядовых углей) рекомендуется:

внесение ингибиторов (антиокислителей в виде растворов, водных эмульсий, суспензий или сухих реагентов) в процессе формирования штабелей с послойным и поверхностным уплотнением угля или с помощью специальной насосной установки через трубы с отверстиями, погружаемые в штабель;

покрытие поверхности штабеля специальными составами;

покрытие поверхности штабеля суспензией гашеной извести в целях уменьшения перегревания штабеля (для южных регионов).

Не допускается:

устраивать в штабелях вентиляционные каналы или вытяжные трубы с целью охлаждения;

складировать уголь свежей добычи на старые отвалы угля, пролежавшего более одного месяца;

располагать штабели угля и торфа над источниками тепла (паропроводы, трубопроводы горячей воды, каналы нагретого воздуха), а также над проложенными электрокабелями и нефтегазопроводами;

смешивать в одном штабеле угли разных марок.

Угли с содержанием влаги более 6 – 7 % и при содержании мелочи более 20 % независимо от марки подвержены промерзанию в штабеле на глубину 0,5 – 2 м в зависимости от климатических условий.

На предприятиях, рассматриваемых в рамках проведения КТА, не применяются методы по противодействию нагреву и самовозгоранию угля, в связи с отсутствием необходимости.

Противодействие смерзанию.

Для предотвращения смерзания углей осуществляют:

взрыхление верхнего слоя штабеля с помощью машин-рыхлителей или других приспособлений до наступления заморозков или после заморозков, если толщина промерзания не превысила 100 – 150 мм;

обработку верхнего слоя угля до заморозков поверхностно-активными веществами (нефтепродуктами, отходами коксохимического и нефтеперерабатывающего производств) на глубину промерзания.

На предприятиях, рассматриваемых в рамках проведения КТА, не применяются методы по противодействию смерзанию угля, в связи с отсутствием необходимости.

Отгрузка угля.

Отгрузка угля с открытых складов может производиться как универсальным оборудованием (экскаваторами, погрузчиками), так и специализированным – погрузочными комплексами. Погрузочные комплексы характеризуются высокой производительностью (до 2 млн т/год, или 500 т/ч) и потому часто применяются для погрузки угля в железнодорожные вагоны.

Погрузочные комплексы могут включать в свой состав дробильные и сортировочные установки. Обычно оборудование комплексов позволяет выполнить следующие операции:

загрузку рядового угля экскаваторами с открытого склада в приемный бункер;

сортировку угля на колосниковом грохоте;

дробление угля;

доставку угля наклонным конвейером;

сортировку угля на инерционном грохоте;

погрузку в железнодорожные вагоны.

Кроме того, при отгрузке угля в железнодорожные вагоны могут применяться машины для обдувки вагонов от снега и обработки вагонов от примерзания.

### **3.5. Контроль качества продукции**

Контроль качества угля в разрезах осуществляют по пробам угля, отобранным из пластов.

В лабораториях для оценки качества угля применяется много вспомогательного оборудования: дробилки, делители проб, истиратели, просеивающие машины, сита, грохоты, печи, сушильные шкафы, питатели, центрифуги, встряхиватели и т. д.

### **3.7. Управление эмиссиями**

Основным загрязняющим веществом, выбрасываемым в воздух при открытой добыче угля, является неорганическая пыль. Здесь и далее под неорганической пылью подразумевается совокупность трех веществ:

- пыли неорганической с содержанием кремния менее 20 %;
- пыли неорганической с содержанием кремния 20 – 70 %;
- пыли неорганической с содержанием кремния более 70 %.

Выделение неорганической пыли осуществляется на всех стадиях производственного процесса при открытой добыче угля – от буровзрывных работ до отгрузки товарного угля. В таблицах ниже представлены текущие выбросы загрязняющих веществ согласно данным КТА по предприятиям угольной промышленности.

Таблица 3.3. Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по предприятиям, прошедшим КТА в разрезе технологических процессов (т/г)

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Предприятие А		Предприятие В		Предприятие С	
		2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
1	2	3	4	5	6	7	
1	Пыль неорганическая	528,83	483,4	1 925,59	1 716,09	1 731,38	1 216,32
2	Оксид углерода (СО)	28,36	18,47	327,59	312,67	44,77	43,74
3	Диоксид азота	11,36	7,38	132,56	126,51	30,11	28,82
4	Оксид азота	6,45	5,04	21,54	20,56	4,89	4,68

Мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязняющих выбросов при открытой добыче угля подразделяются на предупреждение загрязнения и устранение последствий загрязнения. Мероприятия по устранению последствий загрязнения менее эффективны, более трудоемки и дорогостоящи. Во многих случаях они оказываются невыполнимыми, поскольку открытая добыча угля осуществляется на обширных разрезах, которые не могут быть изолированы от атмосферы.

Положительным образом на охрану воздушного бассейна влияют мероприятия общего характера, в первую очередь связанные с утилизацией отходов. В частности, к таким мероприятиям относятся: рекультивация нарушенных земель, закладка выработанного пространства, использование вскрышных пород в качестве строительных материалов. Также улучшению состояния воздушного бассейна способствуют заблаговременная ориентация угольных разрезов с учетом



природно-климатических условий местности (прежде всего, розы ветров) и обустройство закрытых угольных складов.

Среди специальных мероприятий, непосредственно направленных на предотвращение загрязнения атмосферного воздуха, выделяются:

мероприятия, предупреждающие образование пыли при буровзрывных работах (кроме орошения);

орошение;

обеспыливающее проветривание;

обработка дорожного полотна;

пылеулавливание;

предотвращение эрозии.

Очистка сточных вод.

При добыче угля открытым способом образуются следующие виды сточных вод:

карьерные (формируются непосредственно в процессе производственного процесса)

;

хозяйственно-бытовые (формируются в административно-бытовых корпусах);

ливневые и производственные (формируются на территории производственной площадки).

Способы очистки зависят от состава сточных вод и требований на сброс в водный объект или передачу на использование. Очищенная вода частично используется для технологических нужд предприятия (на обеспыливание), неиспользованная отводится в реки или иные водные объекты.

Карьерные и шахтные воды различаются по способу добычи полезных ископаемых и образуются в результате попадания подземных и поверхностных природных вод в горные выработки, где они подвергаются загрязнению в процессе ведения различных работ по добыче полезных ископаемых. Загрязнение шахтных и карьерных вод происходит в основном мелкодисперсными взвешенными частицами добываемого полезного ископаемого и вмещающих пород, которые образуются при бурении взрывных скважин и шпуров, дроблении пород взрывным способом, работе проходческих и очистных комбайнов, погрузочных и транспортных работах. В связи с высоким уровнем механизации горных работ происходит загрязнение шахтных и карьерных вод нефтепродуктами. [31]

Решение вопроса целесообразности тех или иных вариантов построения модулей технологической схемы или выбора конструкции аппаратов должно основываться на выявлении главных закономерностей и особенностей очистки воды с конкретными показателями, для конкретных производственных условий, с учетом лабораторных данных, а при необходимости и данных пилотных испытаний.

Очистка сточных шахтных и карьерных вод – это комплекс мероприятий, порядок выполнения которых определен техническими требованиями к каждому

технологическому процессу. Порядок проведения таких мероприятий, в общем случае, может быть следующим:

осветление (предварительная механическая очистка);

обеззараживание и деминерализация (химические, биологические, физические методы, применяемые для обезвреживания вредных примесей);

нейтрализация (хлорирование, озонирование, ультрафиолетовая обработка). [32]

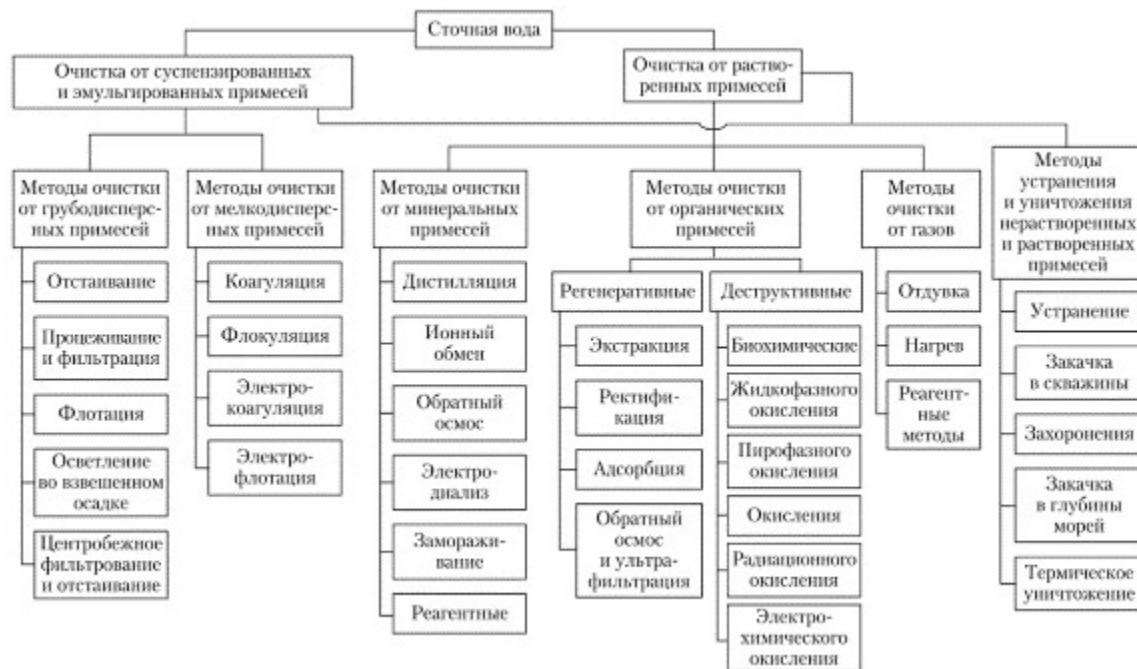


Рисунок 3.10. Классификация методов очистки воды

Одним из наиболее эффективных способов очистки карьерных вод является очистка в горизонтальных отстойниках (разрезы "Галдинский", "Моховский", "Ерунаковский", "Караканский", "Камышанский"). Скорость осаждения взвешенных веществ принимают за основной параметр к технологическому расчету отстойников всех типов. Скорость осаждения зависит от ряда факторов, таких как:

размер частицы и ее форма;

плотность частицы и воды;

вязкость воды;

направление и скорость потока воды в отстойнике.

Затраты при эксплуатации прудов-осветлителей минимальны. Пруды осветлители зачастую расположены в отработанных выработках. Эффективность осветления в прудах достигает шестьдесят два процента. На разрезах Кузбасса все большее распространение приобретает фильтрование сточных вод через массивы из искусственно созданных насыпей, что является альтернативой отстойникам, хотя в ряде случаев обе технологии могут быть использованы в комплексе. Так, на

Кедровском угольном разрезе первый фильтрующий массив был построен в 2014 г., а в 2017 г. было запланировано возведение второго фильтрующего массива для очистки сточных вод с применением цеолита.

На устройство массива имеет влияние рельеф верхних слоев грунта, а также их свойства. Параметры фильтра зависят от величины притоков и загрязненности воды. Также существенное влияние на эти параметры оказывают характеристики материала фильтра. В конструкцию фильтра входят: устройство, осуществляющее подачу сточной воды; фильтрующий массив; устройство, осуществляющее сбор и отвод отфильтрованной воды. [33] Если в непосредственной близости от водосброса находятся природные или техногенные выемки (овраги, траншеи, канавы и т. д.) при наличии залегающих в бортах и дне слабопроницаемых пород, то борта и дно этих выемок могут служить корпусом фильтра. В таком случае воду можно подводить к фильтру самотеком по поверхности или через трубопровод, либо нагнетая насосами. Отсыпка фильтрующего массива производится соответствующими требованиями горными породами. Пруд, сформировавшийся в месте инфильтрации сточной воды, отвечает за подачу воды в фильтр и ее распределение. Ниже фильтра возводится дамба для сбора и отвода фильтрата. Очищенная вода удаляется самотеком (либо, при невозможности сброса самотеком, при помощи насосных станций) по специальным резервуарам или трубам для предотвращения повторного загрязнения или возможного размыва слагающих грунтов. Для предупреждения просачивания загрязненной воды в основание (при высокой водопроницаемости слагающих пород) и, как следствие, возможного загрязнения грунтовых вод необходимо формирование дна фильтра посредством отсыпки основания слабопроницаемыми породами с последующим их уплотнением. Во избежание потерь вода в пруд подается по трубопроводу или по специально сформированным лоткам. Чтобы избежать возникновения такой проблемы предлагается по дну фильтрующего массива возводить водоупорные перемычки из малопроницаемых материалов. Водоупорные перемычки обеспечат низкую скорость фильтрации воды в нижней части и подъем уровня фильтрата в мелкокусковой слой. Расстояние между перемычками определяют по следующей зависимости:  $L = H / \operatorname{tg} \alpha$ , где  $H$  – высота перемычки (1/3 высоты фильтрующего слоя),  $\alpha$  – угол наклона дна фильтра.

Для возведения фильтрующего массива формируют площадку, при необходимости формируют уклон в сторону пруда отфильтрованной воды. При наличии пород с высокой водопроницаемостью дно фильтра формируют слабопроницаемыми породами. Затем формируют водоупорные перемычки и, начиная от верхней части корпуса фильтра, отсыпают фильтрующий слой. Отсыпка фильтрующего слоя производится по технологии, аналогичной технологии периферийного отвалообразования. После заполнения корпуса фильтра фильтрующим слоем прокладывают трубопровод для заполнения верхнего пруда загрязненной жидкостью. В нижней части фильтра

формируется дамба для формирования пруда очищенной воды (если есть необходимость ее дальнейшего отвода). Для повышения качества очистки воды в фильтрующем массиве возможно формирование ядра, содержащего сорбент. Недостатком такой конструкции будет необходимость, по меньшей мере, раз в год заменять ядро при загрязнении сорбента, что приводит к остановке очистных сооружений. Также следствием будет являться невозможность использования очищенной воды для нужд предприятия на время остановки. В целом можно сделать следующие выводы:

1) наиболее эффективными способами очистки шахтных и карьерных вод на являются очистка через фильтрующие массивы и отстойные сооружения;

2) к преимуществам очистки сточных вод через фильтрующие массивы относят малую площадь, технологичность и простоту возведения очистного сооружения. [34]

При разработке месторождений угля наибольшее негативное воздействие горные работы оказывают на земельные ресурсы. Вместе с тем, отмечается значительное отрицательное влияние и на водные ресурсы, которое выражается в изменении соотношения стока поверхностных и подземных вод с понижением уровня грунтовых вод в районе разреза, в загрязнении поверхностного стока и в изъятии земельных участков под очистные сооружения. В целом, доля техногенных водоемов в общей площади, нарушенных при добыче угля земель невелика, и составляет 3,5 %, в том числе, на очистные сооружения, приходится менее 1 %. [33] Однако влияние созданных отстойников на прилегающие территории с повышением уровня грунтовых вод и переувлажнением поверхностного слоя может быть весьма существенным. Кроме того, очистка сточных вод не всегда бывает достаточно эффективной, что влечет загрязнение поверхностных вод. И если взвешенные вещества в большинстве случаев удается осадить в отстойниках, то минерализация сточных вод после очистных сооружений практически не уменьшается. [35] По данным ВНИИОС угля, только 5 % угледобывающих предприятий имеют минерализацию карьерных (шахтных) вод менее 1 г/л, у остальных она составляет несколько граммов на литр. [36] Снизить негативное влияние горных работ на водные ресурсы позволяет сокращение сброса сточных вод. В первую очередь это можно осуществить за счет уменьшения притока в выработанное пространство с использованием водоотводных сооружений, дренажных систем, а также гидрозавес, пневмозавес, барражей. Вторым направлением в сокращении сброса сточных вод является перекачка карьерных (шахтных) вод в нижележащие водоносные горизонты с использованием водонагнетальных скважин или специальных выработок. Указанные способы достаточно трудоемки и нашли применение на водообильных месторождениях, разрабатываемых крупными предприятиями. На небольших угольных месторождениях (или на отдельных участках крупных месторождений) с незначительной мощностью продуктивных отложений, разрабатываемых с высокой скоростью подвигания фронта горных работ, использование сложных систем перехвата

подземных вод и последующего заведения их под землю неприемлемо. В условиях небольших месторождений практически единственным вариантом водоотведения является карьерный водоотлив с отстойником, сооружаемым на поверхности. Это позволит уменьшить площади нарушенных земель, сброс сточных вод в гидрологическую сеть и степень загрязнения поверхностных вод, сократить зону водопонижения на прилегающих к выработке территориях. При обосновании параметров пазухи между нижним бортом разреза и внутренним отвалом, создаваемой для приема карьерных вод и формирования отстойного водоема, следует учитывать не только фильтрационные свойства пород, слагающих борт разреза, но и неравномерность притока воды в разрез, а также уклон его дна и водопроницаемость пород вскрышных отвалов. [37]

Подземная разработка угольных месторождений отличается высоким техногенным воздействием на все элементы окружающей среды. [38]

Применение технологии подземной добычи угля отличается значительным негативным воздействием, связанным в первую очередь с изменением напряженно-деформированного состояния. Разгрузка газоносного углепородного массива приводит к интенсивному газовыделению в горные выработки, создавая опасность взрывов в шахтах. Одним из эффективных способов управления напряженно-деформированным состоянием является закладка выработанного пространства. Рассмотрены виды закладки выработанного пространства, их достоинства и недостатки, выделены перспективные задачи этого направления, с точки зрения влияния на экологические последствия).

Основными показателями, определяющими уровень воздействия, являются: объемы извлеченных пород; объемы извлекаемых шахтных вод и нарушение гидрологического режима; объемы извлекаемого метана.

Сдвигение массива в результате выемки горных пород приводит к нарушению его газового и гидравлического состояния. Разгрузка углепородного массива приводит к значительным выделениям в горные выработки газа и воды. Для обеспечения нормальной работы требуется удаление из шахты этих компонентов, что требует значительных энергозатрат и оказывает негативное воздействие на экосистему. Применяемые в настоящее время способы очистки шахтных вод отличаются низкой эффективностью. Шахтные воды сбрасываются в водоемы и водостоки и содержат различные химические соединения в виде солей, а также механических примесей с включениями гуминовых остатков, фенольных, нефтяных и различных ПАВ и др.

Системами проветривания шахт выносятся на поверхность и выбрасываются в атмосферу пыль, газы и теплота, воздействуя на состояние атмосферы региона. Пыль загрязняет атмосферный воздух. Шахтный метан, поступая в атмосферу, усиливает парниковый эффект. Выдаваемые из шахт складированные породы пылят и, взаимодействуя с осадками, способствуют образованию окислов редкоземельных

металлов и элементов. Выделяемые вещества загрязняют атмосферу, грунтовые воды и вызывают деградацию почв. Складируемые породы, требуют отчуждения значительных площадей полезных земель. При этом на подработанной поверхностью происходят осадки и образуются провалы, способствующие заболачиванию и деградации плодородных земель.

Весь комплекс негативных последствий на окружающую среду может быть сведен до минимума за счет применения качественной закладки выработанного пространства. В этом случае создаются условия для минимизации газовыделения в горные выработки, снижения водопротока и сокращения объемов выдаваемой на поверхность пустой породы. Снижаются и негативные проявления зон ПГД (повышенного горного давления). В перспективе появляется возможность и вовлечения в отработку запасов, находящихся в охранных целиках.

В результате применения закладки будут сохранены водоносные горизонты и сокращены водопротоки в горные выработки, следовательно, потребуется меньшей мощности водоотлив, меньшее количество водоочистных сооружений, сократится сброс загрязненных вод в водоемы и водотоки. Пустые породы горных выработок должны использоваться на приготовление закладочного материала, не выдаваться на поверхность, что обеспечит сохранение земельных участков, почвенного покрова, грунтовых вод, атмосферного воздуха. Применение закладки позволит снизить оседания поверхности, исключить необходимость рекультивации земель на горном отводе и развитие заболоченности. В результате уменьшения деформации углепородного массива уменьшается газовыделение в горные выработки. Снизится и тепловое загрязнение атмосферы, т. к. теплота вмещающих пород на 50 – 60 % поглощается закладочным материалом. Важное значение имеет и то, что закладка позволяет уменьшить использование в шахте лесных материалов, что само по себе является решением экологической и экономической проблем.

Таким образом, применение закладки выработанного пространства обеспечит улучшение экологической обстановки в регионе. В современных условиях закладку следует рассматривать как способ защиты окружающей среды от техногенного воздействия подземных работ. В странах ОЭСР данную технику применяют давно и довольно широко, что дает предпосылки к использованию прогрессивного опыта и в отечественных условиях.

В процессе брикетирования пыль бурого угля является основной средой, создающей пожаро- и взрывоопасность. Она содержит до 65 % летучих веществ, сравнительно небольшую долю влаги (12 – 16 %) и золы. Установлено, что при содержании летучих веществ в пыли более 30 % и влаги менее 20 % она является взрывоопасной, а при содержании влаги менее 35 – 40 % – пожароопасной. Поэтому основные отделения – сушильное, прессовое, охлаждения и погрузки – относятся к категории взрыво- и пожароопасных, а дробильно-сортировочное отделение (ДСО) –

только к пожароопасным. Однако и в ДСО может произойти взрыв пыли, если она будет скапливаться и слеживаться длительное время, т. е. возникнет очаг самовозгорания. Опасной концентрацией пыли считается 30 – 50 г/м<sup>3</sup>.

Пыль, образовавшаяся в процессе брикетирования бурого угля, постоянно проникает в производственные здания. Наличие пыли на рабочих местах ухудшает условия труда. Пыль, улавливаемая аспирационными системами, зачастую выбрасывается в атмосферу, загрязняя окружающий воздух и территорию предприятия. В целях борьбы с пылью на брикетных фабриках проводятся профилактические мероприятия. В первую очередь герметизируют конвейеры, заключают в кожухи оборудование и пылящую аппаратуру, предельно уменьшают высоту перепадов при транспортировке угля, используют закрытые желоба и трубы.

Основной принцип работы системы пылеулавливания заключается в максимальном осаждении пыли из воздухо- и газопылевой смеси и возвращение ее при возможности на брикетирование. Существуют системы сухого, мокрого и комбинированного пылеулавливания. Для сухого улавливания пыли применяют вентиляционные системы с установкой простых и батарейных циклонов различных конструкций, а также электрофильтров. Эти системы хотя и громоздки, но позволяют свести потери до минимума. Уловленная пыль возвращается на брикетирование.

Мокрый способ более эффективен, КПД улавливания составляет 0,95 – 0,98. Однако уловленная пыль – шлам не всегда может быть использован. Зачастую шлам сбрасывается как отходы в шламонакопители. При мокром пылеулавливании происходит повышенный коррозионный износ аппаратов. Комбинированный метод совмещает в себе преимущества первых двух и сводит до минимума недостатки мокрого метода. Мокрое пылеулавливание при комбинированном способе применяется лишь на последней стадии для осаждения небольших количеств тончайших твердых частиц. Обеспыливание холодного и нагретого материала в общей системе недопустимо. При смешении выбрасываемых горячих и холодных пылевоздушных смесей происходит конденсация водяных паров. Залипают и замазываются воздухопроводы и пылеулавливающие аппараты. Для предотвращения подобных явлений рекомендуется термоизоляция.

Большое значение для нормальной работы пылеулавливающей системы имеет герметичность. В случае ее нарушения резко падают скорости движения воздуха, уменьшается давление и ухудшается эффективность улавливания пыли. Особого внимания заслуживает контроль воздухопроводов, где может скапливаться и загораться пыль. Перед включением системы такие участки тщательно проверяют. Недопустимо скапливание пыли и шлама в улавливающих аппаратах выше нормального уровня

заполнения. В системах с мокрым пылеулавливанием не допускается отсутствие воды для орошения. Не допускается работа фабрики с отключенной системой обеспыливания и пылеулавливания.

Соблюдение пылевого режима на брикетной фабрике требует принятия специальных локальных мер на каждом участке, отдельной операции и индивидуальном аппарате. В ДСО первичный отсев мелкого угля, направляемого непосредственно на сушку, должен производиться по возможности наиболее полно. Эта операция предотвращает переизмельчение угля и сокращает пыление на последующих ступенях дробления и классификации.

В сушильном отделении образование пыли зависит от типа сушильного аппарата и свойств угля. Поэтому в каждом отдельном случае для предупреждения пылеобразования необходимо учитывать характер обрабатываемого угля и тип сушильного аппарата.

В транспортных устройствах для перемещения сухого угля (скребковых и винтовых конвейерах) образование пыли происходит в результате движения рабочих органов. Большое пылеобразование наблюдается в винтовых конвейерах, особенно при недостаточной загрузке их углем. Для уменьшения пыления необходимо регулировать скорость движения рабочих органов конвейеров. Постоянно поддерживать их полную рабочую загрузку, не допускать неплотностей в кожухах и крышках. Обеспечивать нормальную работу систем пылеулавливания.

В отделениях контрольного дробления пылеобразование происходит на вибрационных грохотах и валковых дробилках, где додрабливается уголь, имеющий влажность около 18 %. Для уменьшения пыления рекомендуется предварительный отсев мелочи до вибрационного грохота. Его следует осуществлять через решетки в днище кожуха скребкового конвейера. Выделение пыли на этом участке может быть также уменьшено улучшением герметизации кожуха грохота и дробилки.

Большое выделение пыли из пресса происходит у входа штемпеля в матричный канал. По мере износа формовочных деталей увеличивается зазор между штемпелем и матрицами, а, следовательно, возрастает выделение пыли. Для предотвращения пыления необходимо соблюдать график замены формовочных деталей. После их замены крышки пресс-форм следует обмазать глиной, нажимное устройство поджать до требуемого уровня, пылеприемники плотно сочленить с соединительным желобом.

В помещениях производственных цехов необходимо осуществлять уборку полов, стен, лестничных проемов. Уборка угольной пыли, отложившейся на стенах зданий и оборудовании, должна производиться не реже двух раз в течение рабочей смены. Лучше всего пыль смывать водой, если же это осуществить нельзя, то следует использовать методы, исключая возможность перехода пыли во взвешенное состояние, в том числе уборку промышленными пылесосами.



Помимо перечисленных эксплуатационных мер борьбы с пылью, необходимо соблюдать строгое выполнение действующих норм и правил при строительстве новых брикетных фабрик. В проектах и при строительстве недопустимо наличие в производственных зданиях острых углов, негладких поверхностей, больших выступов и других элементов, где может происходить скапливание пыли. Необходимые углубления, всевозможные выступы должны быть легко доступны для уборки пыли. Желательно, чтобы лестницы и перекрытия были изготовлены из железных решеток. Подоконники и внутренние балки должны иметь откосы под углом не менее 60°. Во всех производственных помещениях, где возможно образование пыли, стены и потолки должны быть гладкими, покрашенными, побеленными и удобными для постоянного наблюдения обслуживающим персоналом.

Лучшим материалом для облицовки стен во взрывоопасных цехах является глянцевая плитка. Кожухи транспортных устройств и желоба, по которым перемещается сухой уголь, должны быть по возможности гладкими. Трубопроводы и желоба должны иметь угол наклона, обеспечивающий беспрепятственное движение пыли. Особое значение имеет пылевой режим на электрофильтрах. Недопустимо нарушение нормального схода пыли из бункера. В противном случае может произойти замыкание электродов. Для этого необходимо следить за бесперебойной работой встряхивающего механизма.

### 3.7. Управление отходами производства

Обращение с отходами производства.

В процессе открытой добычи угля формируются значительные объемы отходов. Большую и основную часть занимают вскрышные породы. В таблице 3.4 представлены текущие объемы образования вскрышных пород согласно данным КТА по предприятиям угольной промышленности.

Таблица 3.4. Объемы образования вскрышной породы, тысяч тонн

№ п/п	Наименование	Предприятие А		Предприятие В		Предприятие С	
		2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Вскрышные породы	50 833,8	41 322,4	4 087,0	4 112,5	14 551,5	18 982,3

К остальным видам отходов, формирующихся на угольных разрезах, относятся: золошлаковая смесь, лом черных металлов, отработанные покрышки, твердые бытовые отходы, отработанные масла и т. д.

Вскрышные породы с низким содержанием воды обычно размещаются в отвалах. Влажные породы перед размещением в отвалах могут подвергаться предварительному

обезвоживанию. Отвалы в процессе эксплуатации требуют осуществления мер по защите от ветровой эрозии.

Также пустые породы могут направляться на производство строительных материалов. Строительные материалы из отходов производства используются прямо на предприятиях либо могут быть направлены сторонним организациям.

Закладка выработанного пространства и рекультивация земельных участков.

Вскрышные породы (как и вмещающие, пустые породы и сухие продукты обогащения) размещаются в выработанных пространствах угледобывающих предприятий, на участках, где прекращена добыча угля. Также, вскрышные породы (как и их аналоги) используются для рекультивации земельных участков.

#### **4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов**

В данном разделе описываются общие методы, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие технического переоснащения, реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Основополагающими этапами определения методов, направленных на снижение негативно воздействия на окружающую среду, рассматриваемых в данном разделе, являются:

- определение ключевых экологических проблем;
- изучение методов, наиболее подходящих для решения этих ключевых проблем;
- выбор наилучших доступных имеющихся методов.

При определении наилучших доступных техник необходимо применять общий подход к пониманию производственного процесса. Следует отметить, что многие методы прямо или косвенно затрагивают несколько экологических аспектов (выбросы, сбросы, образование отходов, загрязнение земель, энергоэффективность).

Методы могут быть представлены по отдельности или в комбинации для достижения высокого уровня охраны окружающей среды в отраслях, входящих в сферу действия данного документа.

Существует много процессов, вариаций оборудования и методов, используемых при добыче и обогащении угля. Многие из техник и отдельных этапов производственных процессов являются общими, поэтому, они описываются вместе. Общие этапы:

- системы управления;
- управление энергией;
- мониторинг;
- управление отходами.

Добыча и обогащение угля может осуществляться различными способами, различающимися потреблением тепла (топлива), энергии и природных материальных ресурсов. Сам процесс производства сопровождается эмиссией в окружающую среду различных веществ, оказывающих негативное влияние на окружающую среду: пыль, вредные и токсичные газы и др.

В данном разделе приведены техники, применение которых возможно при добыче и обогащении угля.

#### **4.1. Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды**

Для комплексного предотвращения или минимизации выбросов необходимо использовать методы и меры, которые позволяют избежать или ограничить выбросы в воздух, воду или почву, и при этом обеспечивается высокий уровень защиты окружающей среды в целом; необходимо принимать во внимание следующие факторы: безопасность установки, влияние утилизации отходов на окружающую среду, экономичное и эффективное использование энергии.

Неизбежные выбросы необходимо улавливать в месте возникновения, если это возможно при условии приложения соразмерных усилий. Меры по ограничению уровня выбросов должны соответствовать современному уровню технического развития. Положения настоящего справочника по НДТ не должны выполняться путем принятия мер, при которых загрязнения переносятся в другие среды, например, в воду или почву, вопреки современному уровню технического развития. Эти меры должны быть направлены на снижение как массовой концентрации, так и массовых потоков или массовых пропорций, исходящих от установки загрязняющих воздух веществ. Они должны надлежащим образом применяться во время эксплуатации установки.

При определении требований необходимо, в частности, учитывать следующие факторы:

- выбор интегрированных технологических процессов с максимально высоким выходом продукции и минимальным объемом эмиссий в окружающую среду в целом;

- оптимизация процесса, например, путем широкого использования исходных материалов и производства побочных продуктов;

- замещение канцерогенных, мутагенных или отрицательно влияющих на репродуктивность исходных материалов;

- сокращение объема отходящих газов, например, путем использования систем рециркуляции воздуха, с учетом требований техники безопасности;

- экономия энергии и сокращение выбросов газов, влияющих на климат, например, путем оптимизации энергозатрат при планировании, строительстве и эксплуатации установок, утилизации энергии внутри установки, использования теплоизоляции.

Комплексный подход к защите окружающей среды подразумевает под собой систему мер, направленных на выявление источников негативного воздействия

производственной деятельности предприятий (выбросы в атмосферу, сбросы в водную среду и образование/размещение отходов) на компоненты окружающей среды, на снижение/предотвращение оказываемого ими техногенного воздействия путем их контроля, а также внедрения и применения наилучших доступных технологий с сопоставлением экологической и экономической эффективности предпринимаемых мер.

Для осуществления комплексного подхода предприятия должны уделять особое внимание вопросам охраны окружающей среды, что выражается в:

обязательном учете сырья и вспомогательных материалов, энергии, потребляемых или производимых объектом;

документировании всех источников выбросов, сбросов, образования отходов, имеющих на объекте, их характера и объема, а также выявление случаев их негативного воздействия на окружающую среду;

используемых технологических решений и иных методов по очистке от загрязняющих веществ сточных вод и отходящих газов, и внедрению наилучших доступных технологий по сокращению норм использования природных ресурсов и снижению объемов выбросов, сбросов и образования отходов на объекте;

разработке эффективных мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды;

декларировании экологической политики предприятия;

подготовке и проведению сертификации производства в системе экологического менеджмента;

выполнении производственного экологического контроля и мониторинга компонентов окружающей среды;

получении экологических разрешений от специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды;

осуществлении контроля за выполнением и соблюдением требований экологического законодательства и пр.

Для достижения высоких эколого-экономических результатов необходимо совместить превентивные меры с процессами очистки выбросов, сбросов от загрязняющих веществ, а также с последующим процессом их утилизации.

К примеру, установка влажных фильтров при газоочистке позволяет сократить загрязнение воздуха, но ведет к еще большему загрязнению воды если сточные воды не обрабатываются должным образом. Использование очистных сооружений, даже самых эффективных, резко сокращает уровень загрязнения окружающей среды, однако не решает этой проблемы полностью, поскольку в процессе функционирования этих установок тоже вырабатываются отходы, хотя и в меньшем объеме, но, как правило, с

повышенной концентрацией загрязняющих веществ. Наконец, работа большей части очистных сооружений требует значительных энергетических затрат, что, в свою очередь, тоже небезопасно для окружающей среды.

Устранение самих причин загрязнения требует внедрения малоотходных, а в перспективе и безотходных технологий производства, которые позволяли бы комплексно использовать исходное сырье и утилизировать максимум вредных для окружающей среды веществ.

Использование определенных типов отходов в качестве альтернативных видов топлива позволит снизить использование ископаемого природного топлива, объемы накопления образованных отходов и снижению выбросов. Однако, при подборе материала должны учитываться химический состав отхода и экологические последствия, которые может вызвать процесс переработки каждого вида отходов.

Технологические операции, связанные с отключением или обходом систем очистки отходящих газов, должны разрабатываться и осуществляться с учетом низкого уровня выбросов, а также контролироваться путем фиксации соответствующих технологических параметров. На случай выхода из строя очистного оборудования необходимо предусмотреть меры для незамедлительного максимального сокращения выбросов с учетом принципа соразмерности.

## **4.2. Внедрение систем автоматизированного контроля и управления в технологическом процессе**

### **4.2.1. Автоматизированные системы управления горнотранспортным оборудованием**

#### **Описание**

Областью применения системы является диспетчеризация горнотранспортного оборудования: автосамосвалов, экскаваторов, бульдозеров, топливозаправщиков и другой техники, занятой на выемочно-погрузочных работах и в процессах транспортирования горной массы.

Целью внедрения системы является повышение производительности горнотранспортного комплекса за счет оперативного контроля и оптимизации производственных процессов.

#### **Техническое описание**

На долю открытого способа приходится примерно 60 % добычи угля. Такой удельный вес открытого способа добычи будет сохраняться и в будущем. Между тем с увеличением глубины карьеров и усложнением горно-геологических условий добычи затраты на эксплуатацию карьерного транспорта могут превышать 50 % от себестоимости добычи. [39] Поэтому повышение эффективности карьерного автотранспорта имеет существенное значение для горнодобывающих предприятий.

Базовая система управления погрузочно-доставочным комплексом (экскаваторы, конвейерный, автомобильный, железнодорожный транспорт) обеспечивает:

автоматический сбор информации и управление оборудованием в режиме реального времени с использованием высокоточной GPS системы позиционирования на каждой единице техники;

автоматическая диспетчеризация;

управление качеством руды;

контроль эксплуатации (загрузки автосамосвалов, скорости движения, соблюдения маршрутов, работы двигателей, расхода топлива, эксплуатации шин);

мониторинг технического состояния и обслуживания оборудования;

автоматизированное составление необходимых отчетных форм.

Управление качеством полезного ископаемого возможно за счет точного отслеживания каждой погрузки в деталях для контроля качества доставленного полезного ископаемого, выполнение различных требований к качеству полезного ископаемого отдельных приемных бункеров или накопительных складов, межзабойное усреднение – диспетчеризация порожних автосамосвалов по забоям с целью повышения производительности при выполнении требований к качеству полезного ископаемого, управление рудопотоками с усреднительных складов.

Мониторинг технического обслуживания оборудования возможен за счет регистрации событий и аварий, слежения за критическими узлами оборудования, мониторинга эксплуатации шин (вес загрузки, время движения, вычисление тонно-километров, определение критических значений и сигнализации), мониторинга расхода топлива, ежесменной и накопительной отчетности (в том числе по простоям и их причинам).

Кроме того, программно-техническое оборудование позволят включать в диспетчерскую систему карьера различное технологическое и инженерное оборудование: карьерный водоотлив, электротехническое оборудование и т. п.

В 2006 году на карьерах компании ОАО "СУЭК" провели анализ эффективности использования карьерных автосамосвалов, работающих на предприятии. [40] Оценивались различные показатели работы этой техники и в результате был выявлен ряд проблемных моментов. Оказалось, что на различных предприятиях расход топлива по одним и тем же моделям самосвалов может различаться на 70 % при сопоставимых горно-геологических условиях. Также было установлено, что грузоподъемность самосвалов по породе на некоторых предприятиях используется только на две трети, причем самой распространенной проблемой является невозможность оценки недогруза или перегруза. И в целом исследование показало, что коэффициент использования карьерных самосвалов в среднем по компании составляет всего 50 %.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности добычи и транспортировки добываемой руды и снижения расходов моторного топлива и электроэнергии в процессе добычи и транспортировки.

## **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Применение автоматических систем управления горнотранспортным оборудованием позволяют оптимизировать движение самосвалов, как при первоначальном распределении машин в начале смены, так и для автоматического их перераспределения в течение смены в зависимости от текущей ситуации в карьере.

Система позволяет также осуществлять удаленную диагностику основных узлов и агрегатов автосамосвалов, экскаваторов и других мобильных объектов, например, диагностику двигателя автосамосвала, контроль давления в шинах, контроль состояния электрооборудования экскаватора, управление тяговым электроприводом и др.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будет связан с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. По открытым данным применения автоматических систем управления горнотранспортного оборудования на предприятиях АО "СУЭК" расчетный срок окупаемости данной системы составляет 11 месяцев.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

## **4.2.2. Автоматизированные системы управления технологическим процессом**

### **Описание**

Автоматизация технологического оборудования горнодобывающих предприятий обусловлено спецификой эксплуатации основного оборудования и характеризуются следующими отличительными признаками:

активное использование ручного труда;

большая энергоемкость производственных мощностей;

наличие участков с вредными и опасными условиями труда;

высокая степень рассредоточения по территории отдельных элементов, объединенных единым технологическим процессом.

В настоящее время основным направлением интенсификации деятельности горнодобывающих предприятий, которое позволит обеспечить высокую производительность труда в комфортных условиях и максимальную эффективность работы оборудования, является электрификация и автоматизация горного производства

Технологический процесс, как и режимы работы машин, характеризуются совокупностью физических или химических параметров, влияющих на эффективность процесса. В течение технологического процесса эти параметры не должны выходить за пределы заданных значений, которые определяются режимной картой процесса. Задачей автоматизации в данном случае является сведение к минимуму отклонения основных параметров процесса, влияющих на его ход, от требуемых значений. В автоматизации различают автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП) и автоматические системы регулирования (АСР) некоторого фактора (параметра).

При комплексной автоматизации управления отдельными, локальными технологическими процессами можно обеспечить передачу в режиме реального времени информации о показателях процессов, балансовых данных (вес, содержание примесей), действий персонала по управлению процессом, иметь интегральный учет количества израсходованных материалов, реагентов и флокулянтов.

Комплексные системы позволяют:

производить автоматический и непрерывный контроль и управление работой механизмов, оборудованием технологических модулей, обеспечивая необходимое качество концентратов;

осуществлять сбор и передачу данных технологических параметров работы системы в программу SCADA диспетчеризации фабрики.

Комплексное применение разработанных автоматических систем управления позволяет:

- централизовать управление технологическим процессом в целом по фабрике;
- уменьшить риски нарушений технологических процессов;
- обеспечить оперативную выдачу необходимой информации о показателях процесса руководителям разного уровня;
- вести учет и отчет показателей;
- сократить пылеобразование;
- стабилизировать расход реагентов и материалов;
- сократить электро- и водопотребление;
- обеспечить экологическую безопасность.

**Техническое описание**



АСУТП предназначена для управления технологическим процессом добычи, обогащения и управления механизмами и электроприводами, входящими непосредственно в состав комплекса.

Целями разработки АСУТП являются:

создание условий для устойчивой работы оборудования и гарантированного удержания показателей их работы;

обеспечение стабильных значений параметров технологического процесса в области регламентных режимов и минимизация технологических нарушений с целью повышения качества продукции;

обеспечение высокого уровня безаварийного функционирования оборудования и увеличение срока их эксплуатации;

сокращение потерь за счет применения современных, высокоточных средств автоматизации;

обеспечение проведения исторического анализа технологического процесса;

обеспечение возможности передачи необходимых данных в вычислительную сеть предприятия.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения потерь сырья в производственных процессах.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Общесистемные решения, применяемые в проектах АСУТП соответствуют базовым принципам современной концепции построения автоматизированных информационно-управляющих систем, включающих следующие основные положения:

структура системы иерархическая, с четким, надежным, межуровневым взаимодействием, основанная на стандартизованных промышленных протоколах обмена данными;

гибкий централизованный, иерархический контроль и управление объектом автоматизации;

открытая архитектура информационного взаимодействия различных компонентов системы;

минимальное время восстановления работоспособности системы;

самодиагностика;

удобное, простое обслуживание и интуитивно понятные интерактивные интерфейсы, в совокупности с высокой степенью готовности программно-технических средств;

АСУТП и все виды обеспечения приспособлены к модернизации и наращиванию.

В августе 2003 г. окончательно вышла из строя автоматическая система управления технологическим процессом на обогатительной установке (ОУ) шахты "Комсомолец Донбасса". Запущенная в эксплуатацию более 20 лет назад, передовая на то время

станция "Оператор" безнадежно устарела. Руководством ОУ была поставлена задача за короткое время провести поиск АСУТП, которая удовлетворяла бы следующим условиям:

- современная техническая база;

- монтаж и наладка своими силами;

- не требует специальных знаний от пользователя (диспетчера).

В результате внедрения АСУТП на предприятии были достигнуты следующие результаты:

- уменьшение времени запуска привело к снижению потребления электроэнергии и к появлению резерва времени на ремонт оборудования;

- ликвидация последствий технологических аварий упростилась, поскольку время простоя сводится к ликвидации причины аварии, а не ее последствий переливов, пересыпов и так далее;

- статистический анализ технических (время работы-простоя механизмов, токовые и температурные нагрузки) и технологических параметров позволяет прогнозировать отказ механизма и производить "разбор полетов" после аварии;

- автоматическое нахождение неисправности в цепях управления с возможностью моментального исключения аварийного участка. Работа каждого механизма контролируется 5 – 7 датчиками, исправность которых отображается на экране диспетчера. При выходе датчика из строя и невозможности его ремонта в рабочую смену он отключается программным способом и не влияет на дальнейшую работу схемы;

- высокая информационная насыщенность и оперативность управления: возможность прямого индивидуального управления механизмами и визуализация результатов воздействия;

- повышение производственной дисциплины диспетчеров. Автоматическое формирование журнала событий. Возможность полного анализа действий за истекший период и сравнительный анализ;

- гибкая структура: возможность легко изменять алгоритмы управления, наращивание и модернизация системы;

- автономность: система сохраняет свои основные функции при отсутствии центрального компьютера или потере контакта с оператором;

- переход на герметичный "сухой" контакт. Использование такового непосредственно на контакторе создает определенные проблемы;

- контроль уровня материала в бункерах;

- использование частотных преобразователей для управления дозирующими питателями;

- установка весовых датчиков в качестве источников сигналов обратных связей для частотных преобразователей. [41]

## **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будет связан с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

## **4.2.3. Автоматизированные системы управления процессами обогащения**

### **Описание**

Стабильность процесса обогащения угля может быть достигнута автоматизацией процессов дробления, измельчения, флотации, обезвоживания концентратов.

### **Техническое описание**

Для обеспечения стабильности процесса обогащения и получения максимального эффекта система автоматизации контроля и управления процессами обогащения каждого технологического модуля отдельно должна быть объединена в единую систему автоматического управления с визуализацией действия системы в реальном времени на разных уровнях управления: дробильщик, машинист мельниц, флотатор, аппаратчик сгущения, фильтрации, сушки – диспетчер – технический руководитель, что является диспетчеризацией обогатительной фабрики.

Автоматизация обогатительных фабрик включает комплекс организационных и технических мероприятий, обеспечивающих освобождение человека от непосредственного выполнения функций управления производственными процессами с передачей этих функций автоматическим устройствам, в состав которых входят системы автоматического контроля, регулирования, управления, сигнализации и защиты агрегатов и технологических установок. Автоматизация на обогатительных фабриках, как и на других производствах, развивается от создания локальных АСР отдельных операций обогатительной технологии до создания АСУТП и обогатительной фабрики в целом. [42]

### **Автоматический контроль процесса измельчения и классификации**

Процесс измельчения контролируется и управляется следующими параметрами – количество в мельнице руды, воды и измельчающей среды (стержни, шары), размер куска в питании, плотность и ситовой анализ на выходе мельницы.

Основой для получения высоких технологических показателей в процессах обогащения, в частности, на флотации, является эффективность предварительной классификации.

Современные гидроциклонные установки обеспечивают контроль и поддержание давления питания в соответствии с технической характеристикой гидроциклона. Содержание твердого в питании непостоянно, определяется режимом измельчения. По этой причине задачей системы автоматизации установки является контроль и поддержание заданной плотности питания гидроциклона, и содержание в сливе гидроциклоне готового класса крупности (минус 0,074 мм), который является питанием флотации.

### **Автоматизация процесса флотации**

В камерах флотомашин должны быть установлены датчики уровня заполнения пульпой, степенью аэрации, рН-метры. При многообразии факторов, которые определяют показатели процесса флотации, с учетом наличия устойчиво и достоверно работающих датчиков, наиболее целесообразен автоматический контроль содержания твердого и объемного расхода исходной пульпы, что позволяет осуществить дозирование реагента-собирателя по количеству твердого, поступающего на флотацию, реагента-вспенивателя по количеству твердого или объемному расходу исходной пульпы. Управление дозированием реагентов в автоматическом и дистанционном режимах с эмульгированием и дробной подачей эмульсии реагента по машинам и камерам позволяет наиболее эффективно вести процесс флотации.

### **Автоматизация процесса обезвоживания**

Водно-шламовая схема современной обогатительной фабрики представляет сложный комплекс в технологической схеме обогащения, назначение которого заключается в обеспечении заданного соотношения руда-вода или концентрат-вода по всем технологическим операциям и в возврате технологической воды в процесс после обезвоживания.

С учетом важности управления процессами сгущения и фильтрования концентратов целесообразным является автоматический контроль расхода и содержания твердого в пульпе, поступающей в сгуститель и в сгущенном продукте, контроль содержания твердого в сливе сгустителя и фильтрате, автоматическое поддержание заданного удельного расхода раствора флокулянта для процесса обезвоживания.

В учет расхода воды по водно-шламовой схеме необходимо включать не только схему обогащения, но и схему складирования хвостов со всеми гидротехническими сооружениями. Датчики по расходу пульпы, воды, содержанию твердого позволят

учесть потери воды при испарении, просачивании в дамбе и основании хвостохранилища.

### **Достигнутые экологические выгоды**

На основании программного обеспечения вышеперечисленных автоматизированных систем помимо основных задач ведения технологических процессов определяется количественная и качественная оценка и снижения уровня негативного воздействия вредных выбросов в окружающую среду.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Применение автоматических систем управления оборудованием позволяют оптимизировать и стабилизировать процесс дробления и измельчения, а также повысить эффективность последующих процессов обогащения.

К примеру, основной целью создания АСУ является повышение эффективности функционирования за счет оптимизации управления технологическими процессами на основе качественных измерений, физико-химических и математических моделей технологических процессов; применения современных средств и систем автоматизации; интеграции систем и контуров управления отдельными установками и технологическими процессами.

В рамках создаваемой автоматизированной системы управления решены следующие задачи:

разработаны контуры управления и регулирования параметров технологических процессов обогащения полиметаллических золотосодержащих руд, точек аналитического контроля и измерения физических характеристик исходного сырья, промежуточных и конечных продуктов технологических переделов;

выполнена интеграция созданных на различных программных и технических платформах систем локального управления и регулирования, получаемых от различных поставщиков оборудования, в единую систему управления, основанную на многоуровневой распределенной вычислительной сети;

выполнено эффективное автоматическое управление, обеспечивающее стабилизацию технологических процессов обогащения.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будет связан с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

## **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

### **4.3. Внедрение систем экологического менеджмента**

#### **Описание**

Система, отражающая соответствие деятельности предприятия целям в области охраны окружающей среды.

#### **Техническое описание**

СЭМ является методом, позволяющим операторам установок решать экологические проблемы на систематической и очевидной основе. СЭМ являются наиболее действенными и эффективными, когда они образуют неотъемлемую часть общей системы менеджмента и операционного управления производством.

СЭМ фокусирует внимание оператора на экологических характеристиках установки. В частности, путем применения четких рабочих процедур как для нормальных, так и для нестандартных условий эксплуатации, а также путем определения соответствующих линий ответственности.

Все действующие СЭМ включают концепцию непрерывного совершенствования управления охраной окружающей. Существуют различные схемы процессов, но большинство СЭМ основаны на цикле PDCA (планируй – делай – проверяй – исполняй), который широко используется в других контекстах менеджмента организаций. Цикл представляет собой итеративную динамическую модель, где завершение одного цикла происходит в начале следующего.

СЭМ может принимать форму стандартизированной или нестандартной ("настраиваемой") системы. Внедрение и соблюдение международно-признанной стандартизированной системы может повысить доверие к СЭМ, особенно при условии надлежащей внешней проверки. Не стандартизированные системы могут в принципе быть одинаково эффективными при условии того, что они должным образом разработаны, внедрены и проверены аудитом.

Стандартизированные системы и не стандартизированные системы в принципе применяются к организациям, настоящий документ использует более узкий подход, не считая всех видов деятельности организации, например, в отношении их продуктов и услуг.

СЭМ может содержать следующие компоненты:

1) заинтересованность руководства, включая высшее руководство на уровне компании и предприятия (например, руководитель предприятия);

2) анализ, включающий определение контекста организации, выявление потребностей и ожиданий заинтересованных сторон, определение характеристик предприятия, связанных с возможными рисками для окружающей среды (и здоровья человека), а также применимых правовых требований, касающихся окружающей среды ;

3) экологическую политику, которая включает в себя постоянное совершенствование установки посредством менеджмента;

4) планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

5) выполнение процедур, требующих особого внимания:  
структура и ответственность;

набор, обучение, информированность и компетентность персонала, чья работа может повлиять на экологические показатели;

внутренние и внешние коммуникации;

вовлечение сотрудников на всех уровнях организации;

документация (создание и ведение письменных процедур для контроля деятельности со значительным воздействием на окружающую среду, а также соответствующих записей);

эффективное оперативное планирование и контроль процессов;

программа технического обслуживания;

готовность к чрезвычайным ситуациям и реагированию, включая предотвращение и /или снижение воздействия неблагоприятных (экологических) последствий чрезвычайных ситуаций;

обеспечению соответствия экологическому законодательству;

6) обеспечение соблюдения экологического законодательства Республики Казахстан;

7) проверку работоспособности и принятие корректирующих мер с уделением особого внимания к следующим действиям:

мониторинг и измерение;

корректирующие и превентивные действия;

ведение записей;

независимый внутренний и внешний аудит для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям и надлежащим ли образом она внедряется и поддерживается;

8) обзор СЭМ и ее постоянную пригодность, адекватность и эффективность со стороны высшего руководства;

- 9) подготовка регулярной отчетности, предусмотренной экологическим законодательством;
- 10) валидацию органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ;
- 11) следование за развитием более чистых технологий;
- 12) рассмотрение воздействия на окружающую среду от возможного снятия с эксплуатации установки на этапе проектирования нового завода и на протяжении всего срока его службы;
- 13) применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе (сравнение показателей своей компании с лучшими предприятиями отрасли);
- 14) систему управления отходами;
- 15) на установках/объектах с несколькими операторами, создание объединений, в которых определяются роли, обязанности и координация операционных процедур каждого оператора установки в целях расширения сотрудничества между различными операторами;
- 16) инвентаризацию сточных вод и выбросов в атмосферу.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Поддержание и выполнение четких процедур в штатных и нештатных ситуациях и соответствующее распределение обязанностей дает гарантию того, что на предприятии всегда соблюдаются условия экологического разрешения, достигаются поставленные цели и решаются задачи. Система экологического менеджмента обеспечивает постоянное улучшение экологической результативности.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Все значительные входные потоки (включая потребление энергии) и выходные потоки (выбросы, сбросы, отходы) взаимосвязано управляются оператором в кратко-средне- и долгосрочном аспектах, с учетом особенностей финансового планирования и инвестиционных циклов. Это означает, например, что применение краткосрочных решений по очистке выбросов и сбросов ("на конце трубы") может привести к долгосрочному повышению потребления энергии и отсрочить инвестиции в потенциально более выгодные решения по защите окружающей среды.

На существующее положение предприятие имеет эффективную систему управления природоохранной деятельностью, которая направлена на разрешение экологических проблем, в процессе которых принимают участие все сотрудники: от управляющего до рабочего. Налаженная система управления позволяет снизить выбросы в атмосферу, в природные водоемы и предотвращает загрязнения почв за счет повышения:

- дисциплины технологии;
- использование современных технологий;
- внедрения технического перевооружения.

#### **Кросс-медиа эффекты**



Методы экологического менеджмента проектируются таким образом, чтобы минимизировать воздействие установки на окружающую среду в целом.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Компоненты СЭМ могут быть применены ко всем установкам.

Охват (например, уровень детализации) и формы системы экологического менеджмента (как стандартизованной, так и не стандартизованной) должны соответствовать эксплуатационным характеристикам применяемого технологического оборудования и уровню ее воздействия на окружающую среду.

### **Экономика**

Определение стоимости и экономической эффективности внедрения и поддержания действующей системы экологического менеджмента на должном уровне вызывает затруднения.

### **Движущая сила внедрения**

Система экологического менеджмента может обеспечить ряд преимуществ:

улучшение экологических показателей предприятия;

улучшение основы для принятия решений;

улучшение понимания экологических аспектов компании;

улучшение мотивации персонала;

дополнительные возможности снижения эксплуатационных затрат и улучшение качества продукции;

улучшение экологической результативности;

снижение затрат, связанных с экологическими нарушениями, невыполнением установленных требований и др.

## **4.3. Внедрение систем энергетического менеджмента**

### **Описание**

Важным методом повышения энергоэффективности является использование систем энергоменеджмента, описанных в международном стандарте и национальном стандарте

### **Техническое описание**

Система управления энергетической эффективностью состоит во внедрении и поддержании функционирования системы энергетического менеджмента (СЭнМ).

В состав СЭнМ, в зависимости от конкретных условий, входят перечисленные ниже элементы:

обязательства высшего руководства (рассматриваются как необходимая предпосылка успешного менеджмента энергоэффективности);

разработка и принятие политики энергоэффективности высшим руководством;

планирование и определение целей и задач;

разработка и соблюдение процедур, уделяющих особое внимание следующим вопросам: организационная структура и ответственность, обучение, обеспечение осведомленности и компетентности, информационный обмен, участие сотрудников, документирование, эффективный контроль технологических процессов, техническое обслуживание, готовность к чрезвычайным ситуациям, обеспечение соответствия законодательным требованиям в области энергоэффективности и соответствующим соглашениям (если таковые существуют);

сравнительный анализ: установление и периодическая оценка показателей энергоэффективности, а также систематическое и регулярное сопоставление с отраслевыми, национальными и региональными ориентирами в области энергоэффективности при наличии подтвержденных данных;

оценка результативности и корректирующие действия, уделяющие особое внимание следующим вопросам: мониторинг и измерения, корректирующие и профилактические действия, ведение записей, независимый (там, где это возможно) или внутренний аудит, с целью оценки того, соответствует ли система установленным требованиям, а также того, внедрена ли она и поддерживается надлежащим образом;

регулярный анализ СЭнМ, ее соответствия целям, а также адекватности и результативности со стороны высшего руководства. [43]

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение потребления энергии и ресурсов, улучшение экологических показателей и поддержание высокого уровня эффективности этих показателей.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Оценка опыта внедрения СЭнМ на предприятиях как в Казахстане, так и за рубежом показывает, что организация и внедрение СЭнМ позволяет снизить потребление энергии и ресурсов ежегодно на 1 – 3 % (на начальном этапе до 10 – 20 %) , что соответственно приводит к снижению выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов. Применение энергетического менеджмента на предприятиях играет огромную роль для ограничения выбросов парниковых газов (ПГ).

#### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства и квалификации персонала.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко всем объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер СЭнМ (например, стандартизированная или не стандартизированная) будет связан с характером, масштабом и сложностью установки, а также с диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

повышение уровня мотивации и вовлечения персонала;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

### **4.5. Мониторинг эмиссий**

Мониторинг представляет собой систематические наблюдения за изменениями химических или физических параметров в различных средах, основанный на повторяющихся измерениях или наблюдениях с определенной частотой, в соответствии с задокументированными и согласованными процедурами.

Мониторинг проводится для получения достоверной (точной) информации о содержании загрязняющих веществ в отходящих потоках (выбросы, сбросы) для контроля и прогнозирования возможных воздействий на окружающую среду. Одним из наиболее важных вопросов является контроль эффективности процессов связанных с очисткой выбросов, сбросов, удалением и переработкой отходов для того, чтобы можно было провести анализ о достижимости поставленным экологическим целям, а также выявлению и устранению возможных аварий и инцидентов.

Частота проведения мониторинга зависит от вида загрязняющего вещества (токсичность, воздействие на ОС и человека), характеристик используемого сырьевого материала, мощности предприятия, а также применяемых методов сокращения эмиссий, при этом она должна быть достаточной для получения репрезентативных данных по тому параметру, мониторинг которого проводится. В большинстве случаев для получения информации о концентрации загрязняющих веществ в отходящих потоках используются среднесуточные значения или среднее значение за определенный период выборки.

Используемые для мониторинга методы, средства измерений, применяемое оборудование, процедуры и инструменты, должны соответствовать стандартам, действующим на территории Республики Казахстан. Использование международных стандартов должно быть регламентировано НПА Республики Казахстан.

Перед проведением замеров необходимо составление плана мониторинга, в котором должны быть учтены такие показатели как: режим эксплуатации установки (непрерывный, прерывистый, операции пуска и остановок, изменение нагрузки), эксплуатационное состояние установок по очистке газа или стоков, факторы возможного термодинамического воздействия.

При определении методов измерений, определении точек отбора проб, количества проб и продолжительности их отбора, необходимо учитывать такие факторы как:

- режим работы установки и возможные причины его изменения;
- потенциальная опасность выбросов;
- время, необходимое для отбора проб, с целью получения репрезентативных данных.

Обычно при выборе эксплуатационного режима для проведения измерения выбирается режим, при котором могут быть отмечено максимальное воздействие на окружающую среду (максимальная нагрузка).

При отборе проб не приемлемо разбавление газов или сточных вод, так как полученные при этом показатели нельзя будет считать объективными.

Мониторинг эмиссий может проводиться как инструментальными замерами, так и расчетным путем. При этом метод, основанный на проведении инструментальных замеров, зависит от частоты отбора проб, и может быть периодическим или непрерывным. Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки.

### **Точки отбора проб**

Точки отбора проб должны соответствовать требованиям законодательства Республики Казахстан в области измерений. Точки отбора проб должны:

- быть четко обозначенными;
- если возможно, иметь постоянный поток газа в точке отбора;
- иметь необходимые источники энергии;
- иметь доступ и место для размещения приборов и специалиста;
- обеспечивать соблюдение требований безопасности на рабочем месте.

### **Компоненты и параметры**

Компонентами производственного мониторинга являются контролируемые загрязняющие вещества, присутствующие в эмиссиях в окружающую среду (выбросы, сбросы), измеряемые или рассчитываемые на основе утвержденных методических документов.

### **Стандартные условия**

При исследованиях состояния атмосферного воздуха необходимо учитывать:

- температуру окружающей среды;
- относительную влажность;
- скорость и направление ветра;
- атмосферное давление;
- общее погодное состояние (облачность, наличие осадков);
- объем газовоздушной смеси;
- температуру отходящего газа (для расчета концентрации и массового расхода);
- содержание водяных паров;
- статическое давление, скорость потока в канале отходящего газа;

содержание кислорода.

Данные параметры могут использоваться при определении наличия определенных компонентов в отходящем потоке газа. Значение рН в сточных водах может также использоваться для определения эффективности осаждения металлов.

Помимо наблюдений за качественными и количественными показателями отходящих потоков, мониторингу подлежат параметры основных технологических процессов, к которым относятся:

количество загружаемого сырья;

производительность;

температура горения (или скорость потока);

количество подсоединенных аспирационных установок;

скорость потока, напряжение и количество удаляемой пыли из электрофилтра вместо концентрации пыли;

датчики утечки для применяемого очистного оборудования (например, возможные превышения концентрации при разрыве фильтровальной ткани рукавных фильтров).

В дополнение к вышеперечисленным параметрам для эффективной работы установки и системы очистки дымовых газов могут быть необходимы дополнительные измерения определенных параметров (таких как напряжение и электричество (электрофилтры), перепад давления (рукавные фильтры) и концентрации загрязняющих веществ на различных установках в газоходах (например, до и после пылегазоочистки).

### **Непрерывное и периодическое измерение выбросов**

Непрерывный мониторинг выбросов предполагает постоянное измерение автоматизированной системой мониторинга, установленной на источнике выбросов.

Возможно непрерывное измерение нескольких компонентов в газах или в сточных водах, и в некоторых случаях точные концентрации могут определяться непрерывно или в виде средних значений в течение согласованных периодов времени (почасово, посуточно и т. д.). В этих случаях анализ средних получасовых и среднечасовых значений за 24 часа, а также использование процентного отображения данных может предоставить гибкий метод представления соответствия условиям получаемых разрешений, так как средние значения могут быть легко оценены.

Для источников и компонентов выбросов, которые могут оказывать значительное воздействие на окружающую среду, следует установить непрерывный мониторинг. Пыль может оказывать значительное воздействие на окружающую среду и здоровье, содержать токсичные компоненты. Постоянный мониторинг пыли позволяет также определить разрывы мешков в рукавных фильтрах.

Периодические измерения включают определение измеряемой величины с заданными временными интервалами с использованием ручных или автоматизированных методов. Указанные промежутки времени обычно являются

регулярными (например, один раз в месяц или один раз/два раза в год). Длительность отбора определяется, как период времени, в течение которого образец отбирается. На практике иногда выражение "точечный отбор" используется аналогично "периодическому измерению". Количество отбираемых проб может быть различным, в зависимости от определяемого вещества, условий отбора проб, однако для получения достоверных показателей стабильного выброса наилучшей рекомендуемой практикой является получение, как минимум трех выборок последовательно в одной серии измерений.

Продолжительность и время измерений, точки отбора проб, измеряемые вещества (т. е. загрязнители и косвенные параметры) также устанавливаются на начальном этапе, при определении целей мониторинга. В большинстве случаев продолжительность отбора проб составляет 30 минут, но также может быть и 60 минут, в зависимости от загрязняющего вещества, интенсивности выброса, а также схемы расположения мест отбора проб (места установки датчиков – в случае использования автоматизированных систем). Так, например, в случаях низких концентрации пыли или необходимости определения ПХДД/Ф, может потребоваться больше времени для отбора проб.

Оценку воздействия выбросов и их сокращение с течением времени следует сопоставлять с относительной долей неорганизованных и организованных источников выбросов на конкретном участке. Сравнение этих результатов со стандартами качества окружающей среды, пределом воздействия на рабочем месте или прогнозируемыми значениями концентраций.

#### **4.5.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу**

Мониторинг выбросов в атмосферный воздух является составной частью производственного экологического контроля, назначение и цели которого установлены действующим экологическим законодательством Республики Казахстан.

Мониторинг выбросов осуществляется для определения концентрации (количества) загрязняющих веществ в отходящих газах технологического оборудования, с целью:

соблюдения показателей выбросов предельным допустимым концентрациям, установленными и согласованными государственными органами;

контроля протекания технологических процессов производства (сбор, хранение и подготовка сырьевых материалов), сопутствующие процессы для получения готовой продукции, в соответствии с установленными стандартами;

контроль эффективности эксплуатации пылегазоочистного оборудования;

принятия оперативных решений в области природопользования, и прогнозирования – для принятия долговременных решений.

Все методы и инструменты, используемые для мониторинга эмиссий в атмосферный воздух, устанавливаются и определяются соответствующими национальными НПА.

Мониторинг выбросов может осуществляться методом прямых измерений, из которых можно выделить:

инструментальный метод, основанный на использовании автоматических газоанализаторов, непрерывно измеряющих концентрации загрязняющих веществ в выбросах контролируемых источников (непрерывные измерения);

инструментально-лабораторный - основанный на отборе проб отходящих газов из контролируемых источников с последующим их анализом в химических лабораториях (периодические измерения),

а также с использованием расчетных методов, основанных на использовании методологических данных, в случаях, когда измерение выбросов технически невыполнимо или экономически нецелесообразно.

Мониторинг выбросов в атмосферном воздухе может проводиться как для организованных источников выбросов, так и для неорганизованных источников.

Мониторинг концентраций загрязняющих веществ в дымовых газах осуществляется в форме периодических или непрерывных измерений. Периодические замеры проводятся специализированным персоналом путем краткосрочного отбора проб дымовых газов в трубе. Для измерений образец дымового газа извлекается из газохода, и загрязняющее вещество анализируется мгновенно с помощью переносных измерительных систем (например, газоанализаторов) или впоследствии в лаборатории. Мониторинг эмиссий путем непрерывных измерений (автоматизированный мониторинг), осуществляется измерительным оборудованием, установленным непосредственно в дымовой трубе, а также в газоходе с соблюдением действующих в Республики Казахстан стандартов отбора проб.

Приоритетными источниками выбросов пыли неорганической при добыче и обогащении угля являются комплексы дробильных установок, грохоты.

В список контролируемых веществ должны включаться загрязняющие вещества (в том числе маркерные), которые присутствуют в выбросах стационарных источников и в отношении которых установлены технологические нормативы, предельно допустимые выбросы с указанием используемых методов контроля (инструментальные).

Ниже рассмотрены некоторые методы количественного определения неорганизованных выбросов:

метод аналогии с организованными выбросами, основанный на определении "эквивалентной поверхности", через которую измеряется поток вещества;

оценка утечек из оборудования;

использование расчетных методов с помощью коэффициентов для определения выбросов из емкостей для хранения, во время погрузочно-разгрузочных операций и прочее;

использование устройств для оптического мониторинга (обнаружение и определение концентраций загрязняющих веществ в результате утечки с подветренной от предприятия стороны с использованием электромагнитного излучения, которое поглощается и/или рассеивается загрязняющими веществами);

метод материального баланса (учет входного потока вещества, его накопление, выходной поток этого вещества, а также его разложение в ходе технологического процесса, после чего остаток считается поступившим в окружающую среду в виде выбросов);

выпуск газа-трассера в различные выбранные точки или зоны на территории предприятия, а также в точки, расположенные на разной высоте на этих участках;

метод оценки по принципу подобия (количественная оценка выбросов исходя из результатов измерения качества воздуха с подветренной стороны, с учетом метеорологических данных);

оценка мокрых и сухих осадений загрязняющих веществ с подветренной от предприятия стороны, что позволит впоследствии оценить динамику этих выбросов (за месяц или за год).

Нет методов измерений, которые применимы для общего использования на всех участках, и методологии измерений отличаются от участка к участку. Имеются значительные воздействия от других источников поблизости от промплощадки, такие как вспомогательные производства, транспорт и иные источники, которые сильно затрудняют экстраполяцию. Следовательно, полученные результаты относительно или являются ориентирами, которые могут указывать на снижение, достигнутое при помощи принятых мер по снижению неконтролируемых выбросов.

Точки отбора проб должны отвечать требованиям действующего законодательства Республики Казахстан, быть легко и быстро достижимы и иметь должные размеры.

Измерение неорганизованных выбросов от площадных источников является более сложным и требует более тщательно разработанных методов, так как:

характеристики выбросов регулируются метеорологическими условиями и подвержены большим колебаниям;

источник выбросов может иметь большую площадь и может быть определен с неточностью;

погрешности относительно измеренных данных могут быть значительны.

Мониторинг неорганизованных выбросов, попадающих в атмосферу от неплотности технологического оборудования, должен проводиться с помощью оборудования для обнаружения утечек летучих органических соединений (ЛОС). Если объемы утечек малы и их невозможно оценить инструментальными замерами, то может применяться метод массового баланса в сочетании с отдельными измерениями концентраций загрязняющих веществ.



Описанные методы для мониторинга неорганизованных выбросов были разработаны с учетом международного опыта, и находятся на той стадии, когда они не могут выдать точные и надежные фактические показатели, однако они позволяют показывать ориентировочные уровни выбросов или тенденции возможного увеличения выбросов за определенный период времени. В случае применения одного или нескольких предлагаемых методов необходимо учитывать местный опыт использования, знания местных условий, особой конфигурации установки и т. п.

#### **4.5.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты**

Производственный мониторинг водных ресурсов представляет единую систему наблюдений и контроля деятельности предприятия для своевременного выявления и оценки происходящих изменений, прогнозирования мероприятий, направленных на рациональное использование водных ресурсов и смягчение воздействия на окружающую среду.

Метод непрерывных измерений наряду с оценкой выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух широко применяется также для определения параметров сточных вод промышленных предприятий. Измерения проводятся непосредственно в местах выпуска сточных вод.

Основным параметром, который практически всегда устанавливается в ходе непрерывных измерений, является объемный расход сточных вод. Дополнительно в процессе непрерывного мониторинга в потоке сточных вод могут определяться следующие параметры:

- рН и электропроводимость;
- температура;
- мутность.

Выбор в пользу использования непрерывного мониторинга для сбросов, зависит от: ожидаемого воздействия сбросов сточных вод на окружающую среду с учетом особенностей местных условий;

необходимости мониторинга и контроля производительности установки по очистке сточных вод для возможности быстрого реагирования на изменения параметров очищенной воды (при этом, минимальная частота проведения замеров может зависеть от конструкции очистных сооружений и объемов сбросов сточных вод);

наличия и надежности измерительного оборудования и характера сброса сточных вод;

затрат на непрерывные измерения (экономической целесообразности).

#### **4.6. Проведение ППР и технического обслуживания оборудования и техники**

Система ППР – это комплекс мероприятий, направленных на предупреждение износа и содержание в работоспособном состоянии оборудования.

Сущность системы ППР состоит в том, что после отработки оборудованием определенного времени производятся профилактические осмотры и различные виды плановых ремонтов, периодичность и продолжительность которых зависят от конструктивных и ремонтных особенностей оборудования и условий его эксплуатации.

Система ППР предусматривает также комплекс профилактических мероприятий по содержанию и уходу за оборудованием.

Она исключает возможность работы оборудования в условиях прогрессирующего износа, предусматривает предварительное изготовление деталей и узлов, планирование ремонтных работ и потребности в трудовых и материальных ресурсах.

Положения о ППР разрабатываются и утверждаются отраслевыми министерствами и ведомствами и являются обязательными для выполнения предприятиями отрасли.

Основное содержание ППР – внутрисменное обслуживание (уход и надзор) и проведение профилактических осмотров оборудования, которое обычно возлагается на дежурный и эксплуатационный персонал, а также выполнение плановых ремонтов оборудования.

Системой ППР предусматриваются также плановые профилактические осмотры оборудования инженерно-техническим персоналом предприятия, которые производятся по утвержденному графику.

Грузоподъемные машины, кроме обычных профилактических осмотров, подлежат также техническому освидетельствованию, проводимому лицом по надзору за этими машинами.

Системой ППР предусматриваются ремонты оборудования 2-х видов: текущие и капитальные.

Текущий ремонт оборудования включает выполнение работ по частичной замене быстроизнашивающихся деталей или узлов, выверке отдельных узлов, очистке, промывке и ревизии механизмов, смене масла в емкостях (картерных) систем смазки, проверке креплении и замене вышедших из строя крепежных деталей.

При капитальном ремонте, как правило, выполняется полная разборка, очистка и промывка ремонтируемого оборудования, ремонт или замена базовых деталей (например, станин); полная замена всех изношенных узлов и деталей; сборка, выверка и регулировка оборудования.

При капитальном ремонте устраняются все дефекты оборудования, выявленные как в процессе эксплуатации, так и при проведении ремонта.

Периодичность остановок оборудования на текущие и капитальные ремонты определяется сроком службы изнашиваемых узлов и деталей, а продолжительность остановок – временем, необходимым для выполнения наиболее трудоемкой работы.

Для выполнения ППР оборудования составляются графики.

Каждое предприятие обязано составлять по установленной форме годовой и месячный графики ППР.

Система ППР предполагает безаварийную модель эксплуатации и ремонта оборудования, однако в результате изношенности оборудования или аварий проводятся и внеплановые ремонты.

Преимущества использования системы ППР:

контроль продолжительности межремонтных периодов работы оборудования;

регламентирование времени простоя оборудования в ремонте;

прогнозирование затрат на ремонт оборудования, узлов и механизмов;

анализ причин поломки оборудования;

расчет численности ремонтного персонала в зависимости от сложности ремонта оборудования.

Недостатки системы ППР:

отсутствие удобных инструментов планирования ремонтных работ;

трудоемкость расчетов трудозатрат;

трудоемкость учета параметра-индикатора;

сложность оперативной корректировки планируемых ремонтов.

#### **4.7. Управление отходами**

Согласно Экологическому кодексу и других НПА, принятых в Республике Казахстан, все отходы производства и потребления должны собираться, храниться, обезвреживаться, транспортироваться и захораниваться с учетом их воздействия на окружающую среду.

В целях предотвращения загрязнения компонентов природной среды накопление и удаление отходов производится в соответствии с международными стандартами и действующим законодательством Республики Казахстан.

Обращение с отходами, а также их размещение при проведении запланированных работ должно обеспечивать условия, при которых образующиеся отходы не оказывают вредного воздействия на состояние окружающей среды и здоровье персонала предприятия при необходимости временного накопления производственных отходов на промышленной площадке (до момента использования отходов в последующем технологическом процессе или направления на объект для размещения).

Система управления отходами, заключается в следующем:

идентификация образующихся отходов;

раздельный сбор отходов (сегрегация) в местах их образования с учетом целесообразного объединения видов по степени и уровню их опасности с целью оптимизации дальнейших способов удаления, а также вторичного использования определенных видов отходов;

накопление и временное хранение отходов до целесообразного вывоза;

хранение в маркированных герметичных контейнерах;

сбор отходов на специально отведенных и обустроенных площадках;

транспортировка под строгим контролем с регистрацией движения всех отходов.

Хранение отходов в контейнерах позволяет предотвратить утечки, уменьшить уровень их воздействия на окружающую среду, а также воздействие погодных условий на состояние отходов.

#### **4.8. Снижение уровней физического воздействия**

Шум и вибрация являются общими проблемами в секторе, и источники встречаются во всех секторах добычи и обогащения.

Шум появляется во всех производственных процессах, начиная с подготовки сырья до получения конечной продукции.

Мероприятия, направленные на снижение нагрузки шумового воздействия заключаются в следующем:

- регулярное техобслуживание оборудования, герметизация и ограждение вызывающих шум технических средств;

- сооружение шумозащитных валов. В строительстве следует применять поверхностные слои грунта или отвалы материала, который не создает опасности для окружающей среды;

- учет характера распространения шума и планирование работ с учетом этого, например, расположение блока измельчения и грохочения в подземном пространстве или частично под землей, расположение издающих шум машин недалеко друг от друга и в заглублении по отношению к уровню земли (уменьшается также площадь воздействия), закрытие дверей цеха обогащения и измельчения;

- выбор направления проходки таким образом, чтобы место проведения работ оставалось по отношению к населенному пункту за очистным забоем;

- оставление неотбитых стенок для защиты от шума в направлении населенного пункта;

- оставление деревьев и других растений на краю рудничной территории или вокруг объектов, издающих шум;

- ограничение размера заряда при взрыве, а также оптимизация объема взрывчатых веществ;

- предварительное извещение о взрыве и проведение взрывных работ в определенное, по возможности в одно и то же, время дня. Взрыв вызывает сильный, но непродолжительного характера шум, поэтому предварительное извещение о нем положительно влияет на отношение к этому страдающих от шума;

- планирование транспортных маршрутов и осуществление перевозки в такие сроки, когда они вызывают минимальное воздействие.

Надлежащее осуществление эксплуатационных мероприятий заключается в проведении следующих мероприятий:

- тщательная проверка и техническое обслуживание оборудования;

закрытие дверей и окон в закрытых помещениях, если это возможно;  
эксплуатация оборудования обученным персоналом, оснащенным средствами индивидуальной защиты;  
предотвращение проведения шумных работ в ночное время, если это возможно;  
обеспечение контроля шумообразования при проведении технического обслуживания.

Подход подлежит применению на действующих, модернизируемых и новых объектах.

Сейсмические волны, распространяющиеся при взрывных работах, можно уменьшить путем планирования и правильного выполнения взрывных работ:

- выбор направления проходки;
- учет особенностей скальных пород;
- выбор взрывчатых веществ;

планирование продолжительности забойки шпура соответственно состоянию напряжения и вибрации скальных пород (детонаторы короткозамедленного действия);

уменьшение заряда и снижение степени загрузки или уменьшения размера взрываемого поля (порядок зажигания, небольшой мгновенный объем взрывчатого вещества);

управление бурением.

Мероприятия, направленные на предотвращение образования и распространения запахов заключаются в следующем:

- надлежащее хранение и обращение с пахучими материалами;

- тщательное проектирование, эксплуатация и техническое обслуживание любого оборудования, которое может выделять запахи;

- сведение к минимуму использование пахучих материалов.

Сокращение образования запахов при сборе и обработке сточных вод и осадков сточных вод можно достичь путем:

- сокращение до минимально возможных показателей времени пребывания сточных вод и осадков сточных вод в системах сбора и хранения, в частности, в анаэробных условиях;

- использование химических веществ для уничтожения или сокращения образования пахучих веществ (например, окисление или осаждение сероводорода);

- оптимизация аэробного разложения (может включать контроль содержания кислорода; надлежащее (частое) обслуживание системы аэрации; использование чистого кислорода; удаление накипи в цистернах);

- покрытие или ограждение объектов сбора и обработки сточных вод и осадков сточных вод с целью сбора пахучих отходящих газов для дальнейшей обработки;

обработка выбросов/сбросов за пределами основного производства ("на конце трубы") (может включать биохимическую обработку; окисление при повышенной температуре).

#### **4.9. Рекультивация нарушенных земель**

Минимизация негативного воздействия на ландшафты, почвы и биоразнообразие достигается путем применения НДТ, направленных на:

ресурсосбережение и сокращение эмиссий в окружающую среду;

уменьшение площади нарушаемых земель;

восстановление рельефа территории горных работ;

сохранение малых водотоков в районе горнодобывающей деятельности, переноса их русел за пределы участка добычи, искусственного русла водного объекта, формирование и укрепление берегов, контроль русловых и береговых деформаций, организация водоохранной зоны, создание условий для растительности;

сохранение водно-болотных угодий прилегающих территорий путем применения рациональных схем осушения горных выработок и направленных на сохранение водного баланса защитных сооружений;

сохранение почв посредством селективного снятия, складирования и дальнейшего использования плодородного слоя почвы;

предотвращение загрязнения почв путем профилактики аварийных проливов ГСМ, реагентов и других загрязняющих веществ, сокращение выбросов веществ в атмосферу за счет применения высокоэффективного оборудования по очистке выбросов от загрязняющих веществ и т. д.;

использование районированных для данных условий видов растительности, предупреждение внедрения видов, угрожающих экосистемам;

создание соединяющих ненарушенные участки экологических коридоров, позволяющих хранить генетическое и видовое разнообразие местных популяций и пути миграции живых организмов.

Мероприятия, направленные на рекультивацию и восстановление нарушенных ландшафтов, заключаются в следующем

проведение текущей рекультивации нарушенных земель в процессе эксплуатации горнодобывающего предприятия с целью сокращения негативного воздействия на окружающую среду и возврата земель в оборот;

восстановление рельефа территории горных работ путем рекультивации нарушенных земель с восстановлением стабильных биогеоценозов;

создание благоприятного корнеобитаемого слоя на рекультивируемой территории с учетом агротехнических и физико-химических свойств почв и возможностей технологии рекультивации путем сохранения технологических гребней, бугров и впадин при выполнении планировочных работ рекультивации, обеспечивающих

условия накопления влаги и питания растений; послойного нанесения плодородных слоев почвы; использования отходов для улучшения буферных, водоудерживающих и питательных свойств корнеобитаемого слоя;

проведение агротехнических и фитомелиоративных мероприятий в процессе биологической рекультивации (создание многовидового сообщества путем посева семян аборигенной флоры, внесение удобрений, способствующих ускорению процесса восстановления плодородия земель).

В отношении выбора техники и оборудования при рекультивационных работах НДТ предусматривает применение специализированных машин и механизмов, в том числе:

использование машин с низким давлением на грунт во избежание переуплотнения поверхности слоя;

использование средств гидромеханизации для подачи на поверхность отвала рекультивационных материалов.

#### **4.10. Управление технологическими остатками**

Сведение отходов к минимуму посредством оптимизации процесса и насколько возможно большего использования остатков и отходов, является существующей практикой на сегодняшний день на многих предприятиях.

Многочисленные остатки используются в качестве сырья для других процессов. Применяются следующие техники, по управлению остатками и отходами производства :

1) выбор технологии размещения отходов обогащения в зависимости от характеристики отходов;

2) рациональное управление местами размещения отходов применяется:

при строительстве карт шламонакопителей в качестве плотного строения основания и дамбы (в т. ч. уменьшается образование кислот и загрязнение подземных вод);

при будущей рекультивации шламонакопителей в качестве покрытия откосов дамбы дробленой породой или синтетическим материалом и щебнем, покрытие почвенным слоем и посев травы (уменьшение пыления);

при эксплуатации шламонакопителей (поддержание рабочего состояния дренажных канав по периметру шламонакопителей) в качестве регулярной проверки и поддержания в порядке обводных каналов отвальных площадок.

Несмотря на достигнутые преимущества не только мировых производственных площадок, но и отечественных заводов, проблема остатков на производственных объектах и классификация некоторых из этих материалов будет также играть важную роль для будущих разрешений.

Состав сырьевых компонентов в отходах добычи и обогащения каменного угля: горючий материал (угольная крошка, угольная пыль, водоугольная взвесь), природный

камень (каменный материал), гравий, песок, глинистые породы (глины, коалиты, аргиллиты, суглинки), горелые глинистые породы.

Направления возможного использования отходов добычи и обогащения каменного угля:

в черной металлургии – (горелые глинистые породы) для производства огнеупоров и в качестве компонента в технологии подготовки железно-рудного сырья;

в строительной промышленности – для производства агломерата, кирпича, керамзита, железобетонных изделий и др.;

в строительстве – в качестве строительного материала для сооружения оснований (фундаментов) зданий и дорог;

в химической промышленности – в качестве компонента при получении сернистых соединений;

в черной и цветной металлургии – в качестве сырья и сырьевых добавок при производстве кремне-алюминиевых сплавов, карбидокремниевых материалов, кислородных соединений алюминия и др.;

в газовой и нефтедобывающей промышленности – (хвосты обогащения) для приготовления тампонажных растворов;

в сельском хозяйстве – в качестве удобрений и добавок к ним.

## **5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник**

В данном разделе справочника по НДТ приводится описание существующих техник для конкретной области применения, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

При описании техник учитывается оценка преимуществ внедрения НДТ для окружающей среды, приводятся данные об ограничениях в применении НДТ, экономические показатели, характеризующие НДТ, а также иные сведения, имеющие значение для практического применения НДТ.

### **5.1. НДТ в области энерго- и ресурсосбережения**

#### **5.1.1. Применение ЧРП на различном оборудовании (конвейерное, вентиляционное, насосное и т. д.)**

##### **Описание**

Оборудование, позволяющие снизить расход электроэнергии на собственные нужды, снизить прямые и косвенные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. В настоящее время применение ЧРП является оптимальным для целей регулирования производительности конвейерного, вентиляционного и насосного оборудования, при использовании которого обеспечивается наиболее рациональное использование электрической энергии при ведении технологического процесса.



## **Техническое описание**

Возможность решения экологических проблем за счет повышения энергоэффективности производства.

На промышленных предприятиях большую долю потребления электрической энергии приходится на электрические двигатели, как привод различного технологического оборудования (конвейера, вентиляционное и насосное оборудование и т. д.). Достаточно часто такое оборудование требует регулирования, в качестве регулирующих аппаратов применяются шибера, задвижки и т. д. При этом требования к диапазону и точности регулирования скорости могут изменяться в широчайших пределах в зависимости от области применения электропривода. Применение регулируемого частотного электропривода позволяет решать поставленные задачи с большей эффективностью потребления электрической энергии, как следствие помогает сберечь электроэнергию устранением неоправданных ее затрат, которые имеют место при альтернативных методах регулирования в технологических процессах.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения расходов электроэнергии в процессе производства.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

По экспертным оценкам в зависимости от режимов работы оборудования применение ЧРП позволяет снизить расход электроэнергии на насосных агрегатах, вентиляторах, конвейерах, дробилках от 20 до 40 %, обеспечить плавный пуск (снижение пусковых токов), повысить надежность и срок службы электродвигателей.

Проект модернизации шахты "Воргашорская 2", предусматривает модернизацию вентиляционного оборудования шахты. В ходе проекта были разработаны, изготовлены и поставлены на шахту три асинхронных двигателя мощностью 2 мегаватта (375 оборотов) для горно-шахтных вентиляторов главного проветривания. Новые асинхронные двигатели были не только более надежны и удобны в эксплуатации, но и позволили улучшить показатели энергоэффективности. По оценкам экспертов, затраты на электроэнергию, потребляемую вентиляторами, оснащенными частотно-регулируемыми электроприводами, при работе во всех эксплуатационных режимах снижаются на 15 %.

Повышение энергоэффективности конусной дробилки на 25 – 30 % в технологической линии рудоподготовки обогатительной фабрики в условиях ГОК "Вернинское" (Российская Федерация) достигнуто путем правильного выбора камеры дробления и организации питания дробилки. [44]

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

## **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которую она может оказывать.

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии, в зависимости от режима работы двигателя, в пределах 15 – 40 %. Дополнительно вопрос установки ЧРП должен индивидуально рассматриваться в каждом отдельном случае исходя из глубины регулирования технологического процесса, требований промышленной санитарии на рабочих местах (для вентиляторов приточно-вытяжной вентиляции).

Применение ЧРП представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности. Однако целесообразность таких мер должна рассматриваться в контексте всей системы, в которой используются двигатели; в противном случае существуют риски: потери потенциальных выгод от оптимизации способа эксплуатации и размера систем и, как следствие, от оптимизации потребностей в электроприводах; потерь энергии в результате применения приводов переменной скорости в неподходящем контексте.

Наиболее эффективно использовать электродвигатели, оборудованные частотными преобразователями, интегрированные в системы АСУТП. Это, например, позволит обеспечивать включение и регулировку скорости вытяжки в зависимости от фактических выбросов. Так же это касается и регулирования производительности воздуходувок и насосных агрегатов. В среднем, применение таких способов регулирования может снижать потребление электроэнергии от 20 до 40 %.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Так например, применение двигателей с ЧРП целесообразно при резко переменной нагрузке в зависимости, например, от технологии, времени суток, количества людей в здании и др. Применение частотно-регулируемого электропривода вентиляторов позволяет снизить расход электроэнергии на перемещение воздуха вытяжными системами на 6 – 26 %, приточными системами на 3 – 12 %, воздуходувками на 30 – 40 %, при этом срок окупаемости двигателей с ЧРП может составлять от 1 года до 5 – 7 лет.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

## **5.1.2. Применение энергосберегающих осветительных приборов**

### **Описание**

Оборудование, позволяющие снизить расход электроэнергии на хозяйственные нужды, снизить прямые и косвенные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. В настоящее время применение энергосберегающих осветительных приборов (светодиодных источников света) являются оптимальными для целей наружного и внутреннего освещения.

### **Техническое описание**

На промышленных предприятиях в хозяйственном потреблении электрической энергии, значительную часть потребления составляет системы наружного и внутреннего освещения. При этом данное потребление электрической энергии напрямую не влияет на энергетическую эффективность производственного цикла. Однако, данное потребление учитывается при определении удельного потребления на единицу продукции.

Применение энергосберегающих осветительных приборов (светодиодных) позволяют эффективно потреблять электрическую энергию в системах освещения, как следствие помогают сберечь электроэнергию устранением неоправданных ее затрат, которые имеют место при альтернативных источниках света.

Применяются на всех промышленных предприятиях, так на разрезе ТОО "Богатырь Комир" ведется постепенная замена неэффективных систем освещения на современные светодиодные светильники и ламп.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет снижения расходов электроэнергии на нужды освещения.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

По экспертным оценкам и с учетом имеющегося опыта применения энергоэффективных осветительных приборов (светодиодных) снижение потребления электрической энергии снижается на 50 – 90 %, обеспечивается лучшая освещенность, увеличивается срок службы таких осветительных приборов, не оказывают негативного влияния на экологию, по сравнению с ранее применимыми дуговыми ртутными лампами.

### **Кросс-медиа эффекты**

Первоначально замена существующих осветительных приборов на энергоэффективные может способствовать образованию большого количества отходов, требующих специальной утилизации (замена ртутных ламп на светодиодные).

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с особенностями предприятия, особых сложностей по внедрению данной

техники не выявлено. Внедрение энергосберегающих осветительных приборов стоит рассматривать с учетом модернизации системы освещения в целом (зональность, автоматическое управление и т. д.).

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии, в пределах 50 – 90 %.

### **Экономика**

Применение эффективных осветительных приборов позволяют снизить расход электроэнергии на освещение на 50 – 90 %, при этом срок окупаемости данной техники может составлять от 0,5 года до 5 – 7 лет.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

улучшение экологических показателей (не требуется утилизация);

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат.

## **5.1.3. Применение электродвигателей с высоким классом энергоэффективности**

### **Описание**

Оборудование, позволяющее снизить расход электроэнергии на собственные и производственные нужды, снизить косвенные выбросы парниковых газов. В настоящее время применение современных электродвигателей с высоким классом энергоэффективности является оптимальным при модернизации существующего технологического и вспомогательного оборудования, при использовании которого обеспечивается наиболее эффективное использование электрической энергии.

### **Техническое описание**

Возможность решения экологических проблем за счет повышения энергоэффективности производства.

Основным потребителем большинства промышленных предприятий являются различные электродвигатели. Электродвигатели преобразуют электрическую энергию в механическую. В процессе преобразования энергии часть ее теряется в виде тепла. Величина такой потери определяется энергетическими показателями двигателя. Применение электродвигателей с высоким классом эффективности позволяет существенно снизить потребление электрической энергии.

Основным показателем энергоэффективности электродвигателя, является коэффициент полезного действия (КПД).

$$h = P_2 / P_1 = 1 - DP / P_1,$$

где  $P_2$  – полезная мощность на валу электродвигателя;

$P_1$  – активная мощность, потребляемая электродвигателем из сети;

$DP$  – суммарные потери в электродвигателе.

Соответственно, чем выше КПД, тем меньше потери и меньше энергии потребляет электродвигатель для выполнения той же работы.

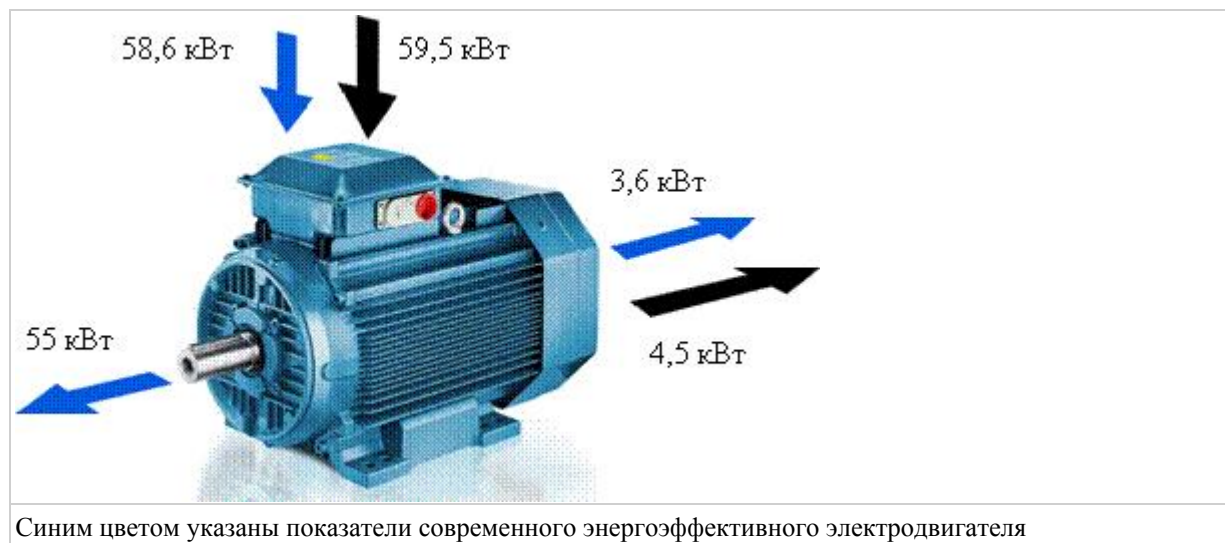


Рисунок 5.1. Сравнение обычного электродвигателя с энергоэффективным

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения расходов электроэнергии в процессе производства.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

По экспертным оценкам, в зависимости от режимов работы оборудования, применение электродвигателей с высоким классом эффективности позволяют снизить потребление электроэнергии электродвигателями от 1,5 до 5,0 %, повысить срок службы электродвигателей.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства.

Повышение срока службы электродвигателя.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем и характер внедрения будут связаны с программой модернизации предприятия и заменой выходящих из строя установленных на предприятии электродвигателей.

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии, в зависимости от режима работы двигателя, в пределах 1,5 – 5,0 %.

Замена существующих электродвигателей энергоэффективными двигателями представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности.

## **Экономика**

Применение электродвигателей с высоким классом эффективности позволяют снизить расход электроэнергии на преобразование электрической энергии в механическую 1,5 – 5,0 %, при этом срок окупаемости таких электродвигателей может составлять от 1 года до 7 лет.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

#### **5.1.4. Применение устройств компенсации реактивной мощности, а также фильтро-компенсирующих устройств, для фильтрации высших гармоник и компенсации реактивной мощности в электрических сетях предприятий**

##### **Описание**

Оборудование позволяющие снизить потери электроэнергии в сетях предприятия и исключить негативное влияние высших гармоник на электропотребляющее оборудование. В настоящее время применение фильтро-компенсирующих установок или установок компенсации реактивной мощности является оптимальным для поддержания требуемых уровней напряжения в узлах электрической сети, снижения потерь с электрических сетей и исключения негативного воздействия высших гармоник на электропотребляющие устройства.

##### **Техническое описание**

Возможность решения вопросов надежности электроснабжения, как следствие уменьшение использования резервных источников электроснабжения и снижения воздействия на экологию.

На промышленных предприятиях большую долю потребления электрической энергии приходится на асинхронные электродвигатели, как привод различного технологического оборудования. Асинхронные электродвигатели являются основным потребителем реактивной мощности. Без принятия мер по компенсации коэффициент мощности в сетях может составлять 0,5 – 0,7 относительной единицы, законодательно установленные значения коэффициента мощности в электрических сетях предприятий установлен на уровне 0,89 – 0,93, в зависимости от класса напряжения.

При применении на предприятиях большого количества цифровой техники (ЧРП, плавный пуск и т. д.) может способствовать появлению в электрических сетях высших гармоник, которые оказывают негативное влияние как на электропотребляющее оборудование, так и на сами электрические сети. Для исключения появления в электрических сетях высших гармоник применяются как отдельно фильтры гармоник,

так и объединенные устройства по фильтрации гармоник и по компенсации реактивной мощности.

Для промышленных объектов со стационарными сетями и равномерном графике нагрузки по сегментам своей силовой сети целесообразна компенсация реактивной мощности по централизованной схеме на шинах РУ 6 – 10 кВ предприятия в рамках подстанции электросетевой компании на стороне низшего напряжения или собственной КТП на стороне высшего напряжения.

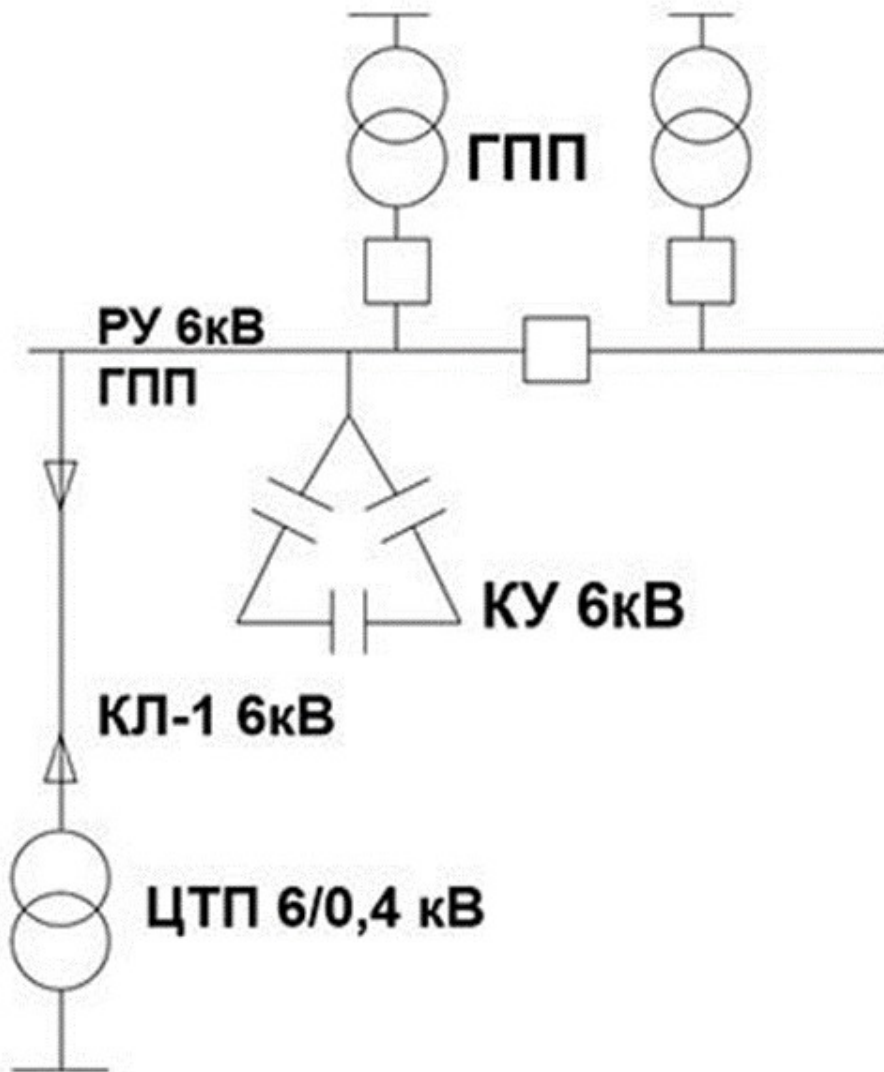


Рисунок 5.2. Типовая схема централизованной компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях на шинах РУ 6 – 10 кВ.

В случае неравномерной нагрузки по сегментам сети предприятия возможно применение групповой схемы компенсации на шинах РУ цеховых ТП 6 – 10/0,4 кВ, причем в обоих случаях при выявлении энергоаудитом наличия стабильной во времени

"фоновой" реактивной нагрузки экономически эффективна интеграция в щитовых нерегулируемых или гибридных (смешанных) установках компенсации реактивной мощности.

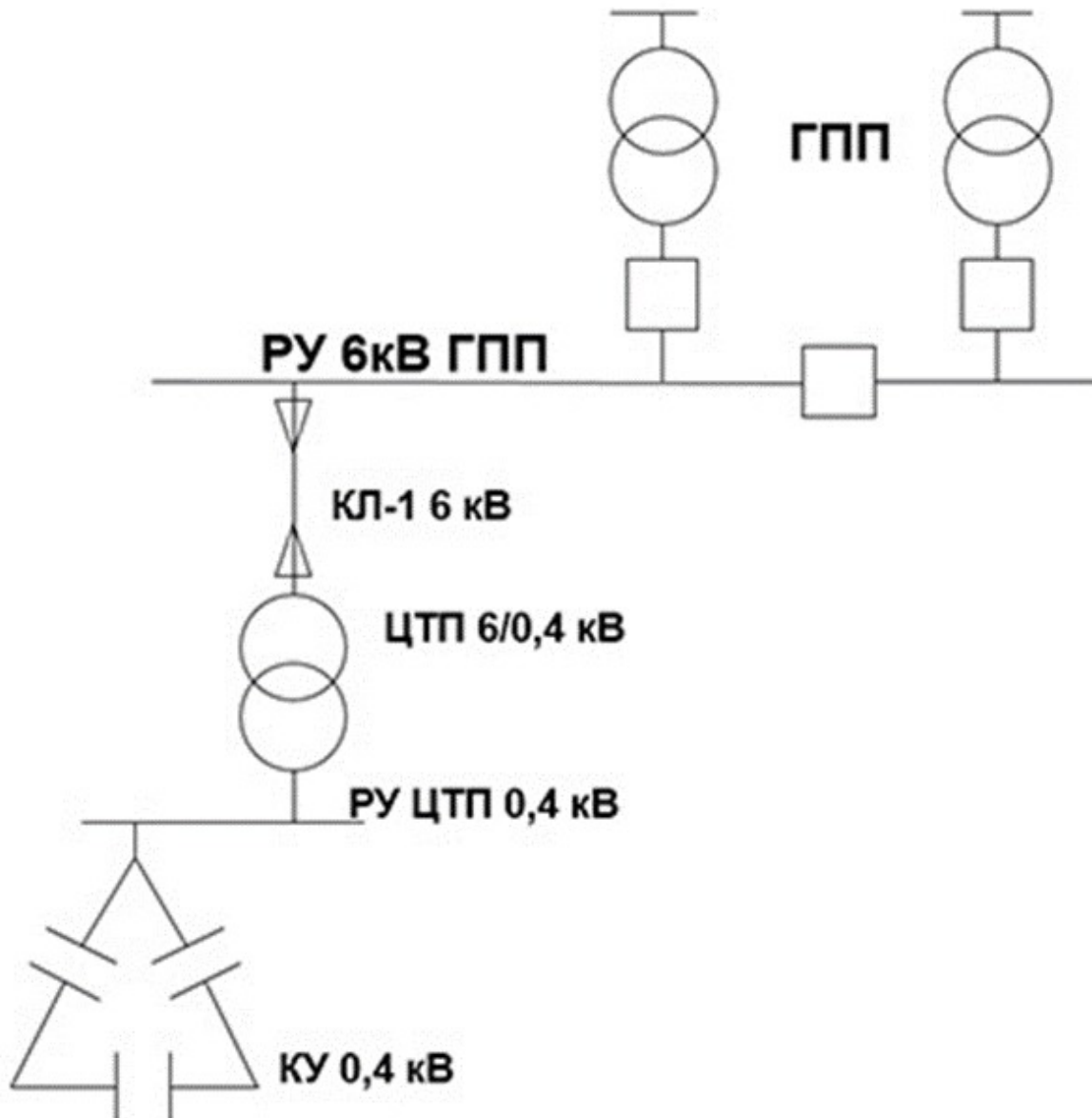


Рисунок 5.3. Типовая схема групповой компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях на шинах РУ цеховых ТП 6 – 10/0,4 кВ.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях и оборудовании.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**



По экспертным оценкам в зависимости от режимов работы технологического оборудования применение установки компенсации реактивной мощности позволяет снизить потери электрической энергии в сетях предприятия до 15 %, повысить надежность электроснабжения предприятия в целом и продлить срок службы электрораспределительного оборудования.

Данная технология применима на большинстве промышленных предприятий различных отраслей. Подобный проект был реализован на промышленных площадках АО "Алюминий Казахстана".

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение потерь электрической энергии в сетях. Повышение надежности систем электроснабжения, повышение срока эксплуатации электропотребляющего оборудования.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будет связан с характером, масштабом и сложностью установки.

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии (за счет снижения уровня потерь), в зависимости от существующих уровней коэффициента мощности в электрических сетях предприятия от 0,1 до 1,5 % от общего объема потребления электрической энергии предприятиями.

Применение установок компенсации реактивной мощности представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности (снижения потерь в электрических сетях). Однако целесообразность таких мер должна рассматриваться с учетом всей системы электроснабжения.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае срок окупаемости применения установок компенсации реактивной мощности может составлять от 3 года до 10 лет.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

- улучшение качества электроэнергии у электропотребителей;
- уменьшение уровня потерь в распределительных электрических сетях предприятий;
- повышение энергоэффективности.

## **5.2. НДТ для технологических процессов открытой и подземной добычи, обогащения**

### **5.2.1. НДТ производственного процесса добычи угля**

#### **Техническое описание**

К техникам, обеспечивающим стабильность производственного процесса на горнодобывающих предприятиях относятся:

применение большегрузной высокопроизводительной горной техники;  
проведение горных выработок и применение систем отработки с использованием современного высокопроизводительного оборудования;  
применение современных, экологичных и износостойких материалов;  
применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Переход на высокопроизводительное оборудование большой единичной мощности положительно сказывается на экологической обстановке: снижается количество выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух, уменьшается образование отходов от использования крупногабаритных шин.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Техника производственного процесса добычи угля, в том числе при работе на глубоких горизонтах, состоит в эффективном технологическом процессе добычи угля открытым и подземным способом путем снятия плодородного слоя почвы, выбора способа и схемы вскрытия угольных пластов, определения и применения оптимальной системы разработки и технологии вскрышных и добычных работ, транспортного обеспечения разрезов и шахт для эффективного направления потоков на обогатительные переделы. (смотреть 3.1, 3.2, 3.3).

Для современной техники, используемой на подземных и открытых горных работах, характерно применение высоких скоростей, наличие больших нагрузок, давлений и др. Постоянное изменение горно-геологических и горно-технических условий разработки полезных ископаемых, усложнение технических средств из-за многообразия и ответственности, возлагаемых на них функций, высокие нагрузки на забои, многосвязность и последовательность цепи работающего оборудования, когда выход из строя любого из элементов приводит к остановке всего комплекса, необходимость обеспечения для горнорабочих благоприятных эргономических условий труда предъявляют серьезные требования к качеству горной техники и оборудования.

Однако в настоящее время по оценкам специалистов, оборудование и технологии, применяемые горнодобывающими компаниями СНГ, по своему технологическому уровню и производительности на 15 – 20 лет отстают от аналогов, используемых компаниями Канады, Великобритании, ЮАР и США. Такое отставание обусловлено как малоэффективными технологиями отработки и инженерной подготовки массива к отработке, так и техническими характеристиками применяемого оборудования.

Представленная техника состоит в применении большегрузной карьерной техники для добычи и транспортировки горной массы в угольных разрезах. Происходит увеличение размеров ковшей экскаваторов, погрузчиков, пропорциональное увеличение грузоподъемности большегрузных автосамосвалов с сохранением оптимального соотношения количества ковшей для погрузки одного самосвала.

Переход на большегрузную технику позволит уменьшить на 10 % удельные эксплуатационные затраты на экскавацию и транспортировку горной массы, а также добиться уменьшения количества единиц технологического оборудования в разрезе, снижения эмиссий в окружающую среду, снижения энергопотребления и потребления топлива в процессах экскавации и транспортировки горной массы.

Мировой рынок большегрузной техники представлен крупными производителями: Komatsu, Caterpillar, Hitachi, Terex, Liebherr и БелАЗ.

В целях снижения себестоимости транспортировки горной массы и транспортно-добывающего цикла в целом в условиях ТОО "Богатырь Комир" проводилось технико-экономическое сравнение применения карьерного самосвала БелАЗ 75600 грузоподъемностью 320 тонн с эксплуатируемым БелАЗом грузоподъемностью 220 тонн. Результаты испытаний показали следующее: производительность повысилась в 1,5 раза; себестоимость транспортировки снизилась на 20 %; удельный расход топлива уменьшился на 22 %. Погрузку карьерного самосвала осуществлял экскаватор P&H2800 с емкостью ковша 33 м<sup>3</sup>. Количество ковшей для полной загрузки – 6. Плечо транспортирования – 0,5 км. Объем выработки горной массы до 10 тысяч м<sup>3</sup> в сутки. [45]

В рамках стратегии развития "Сибантрацита" все предприятия группы переходят на использование высокопроизводительного горнотранспортного оборудования большой единичной мощности в соответствии с мировыми тенденциями. Это призвано повысить производительность труда и снизить транспортные расходы компании. Так в конце 2020 года одна из компаний Группы АО "Сибирский Антрацит" закупило 24 самосвала БелАЗ грузоподъемностью 220 и 130 тонн. В компании отметили, что использование большегрузной техники повышает эффективность ведения горных работ и оптимизирует затраты за счет экономии топлива и затрат на техобслуживание, а также повышает безопасность на технологических дорогах. Переход на высокопроизводительное оборудование большой единичной мощности положительно сказался на экологической обстановке. [46]

Проведение горных выработок и применение систем отработки с использованием современного высокопроизводительного проходческого оборудования состоит в переходе на современную высокопроизводительную горную технику для выемки, бурения, крепления, добычных операций и транспортировки горной массы в подземных условиях отработки угольных месторождений. Обеспечивает значительное снижение доли постоянных затрат, безопасность, эргономику, комфортные условия работы для машинистов и рабочего персонала, экономию энергоресурсов и материалов.

Успешное развитие угольной отрасли возможно только при условии концентрации горных работ и интенсификации подземного производства на базе эффективного использования современной техники и технологии. Новое оборудование должно

стабильно работать в сложных горно-геологических условиях шахт, а его ресурс, надежность и производительность – в 2 – 3 раза превышать аналогичные показатели существующего. Интенсификация производства при концентрации горных работ возможна только в случае комплексной механизации всех (включая вспомогательные) технологических процессов, максимальном сокращении ручного труда, обязательном обеспечении безопасных условий работы.

Использование износостойких, коррозионностойких, жаростойких, теплоизоляционных и других видов покрытий позволяет резко сократить потери металлов, расход ресурсов на их возмещение и даст возможность повысить качество, надежность и долговечность машин, оборудования и сооружений. Техника состоит в применении износостойких элементов и накладок на рабочие органы горного оборудования и обеспечивает дополнительную конструкционную прочность и износостойкость, а также повышает коэффициент технической готовности машин и оборудования. Применение буровых коронок и штанг из современных высокопрочных сплавов позволяет достичь высокой производительности и точности бурения, снижения себестоимости на 3 – 10 %.

Применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы более подробно описано в пункте 5.2.5.

### **Кросс-медиа эффекты**

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью. Представленные методы могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

### **Экономика**

Использование большегрузной техники повышает эффективность ведения горных работ и оптимизирует затраты (за счет экономии топлива и затрат на техобслуживание), позволит снизить себестоимость продукции и стать более конкурентоспособными на рынке, повышает безопасность на технологических дорогах. Для примера эксперты компании ООО "Комек Машинери" сравнивали, сколько экономит машина, грузоподъемностью 40 тонн по сравнению с 20 - тонником – 15 центов на тонне груза за счет экономии топлива, амортизации, человеко-часов и других факторов. Если говорить о большегрузной технике в объемах горнодобывающей промышленности, экономия составит десятки миллионов долларов ежегодно.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан. Снижение нагрузки на экосистемы (воздух, вода, почвенный покров). Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ.

## 5.2.2. НДТ производственного процесса обогащения угля

### 5.2.2.1. Техника обогащения в тяжелых средах (жидкостях и суспензиях)

#### Техническое описание

Тяжелосредное обогащение занимает одно из ведущих мест в углеобогатительной отрасли, что обусловлено ухудшающимся качеством добываемых углей и высокими технико-экономическими показателями этого процесса. До недавнего времени тяжелосредное обогащение применялось в основном для углей крупных классов. Однако в настоящее время этот процесс находит все более широкое распространение для обогащения труднообогатимых углей мелких классов и дробленого промпродукта отсадки в тяжелосредных гидроциклонах. Основным преимуществом тяжелосредной сепарации является высокая технологическая эффективность, особенно при обогащении крупных классов углей: показатели обогащения в этом случае близки к теоретическим.

Утяжелитель должен легко отмываться от продуктов обогащения, отделяться от тонкого угольного шлама и извлекаться из промывных вод. Важным требованием к утяжелителю являются его дешевизна, недефицитность, нерастворимость в воде, химическая инертность к компонентам обогащаемого угля и к материалу, из которого изготовлено оборудование.

Технология обогащения как крупных, так и мелких кусков угля в магнетитовой суспензии включает ряд технологических операций. К ним относятся:

- подготовка (классификация и обесшламливание) углей;
- приготовление рабочей суспензии;
- обогащение;
- отделение суспензии, промывка и обезвоживание продуктов обогащения;
- регенерация разбавленной суспензии;
- автоматическое регулирование плотности;
- циркуляция и распределение потоков рабочей суспензии.

Из многочисленных типов тяжелосредных аппаратов в углеобогащении широкое применение нашли сепараторы:

- колесные;
- барабанные;
- тяжелосредные гидроциклоны.

#### Колесные сепараторы

Принцип работы колесных сепараторов состоит в разделении в ванне с суспензией материала по плотности, при этом всплывший продукт выгружается гребковым механизмом, потонувший – элеваторным колесом. Колесные сепараторы типа СКВ с элеваторной выгрузкой осевшей фракции используют при разделении крупных машинных классов углей (13(6) – 300) мм на два продукта. Особенность конструкции

сепаратора СКВП-32 – наличие загрузочного устройства с качающимся лотком, в днище которого имеются поперечные щели для подачи суспензии. Загрузочное устройство присоединено к ванне, что позволяет ее удлинить и повысить эффективность сепарации. При возвратно-поступательном движении лотка через его щели проходит поток магнетитовой суспензии, способствующий разрыхлению транспортируемого в сепаратор материала. Суспензия в сепаратор с удлиненной ванной поступает тремя потоками: транспортным, подлотковым (подпорным) и восходящим. Сепаратор СКВП-32 состоит из основных узлов:

- корпус с рабочей ванной;
- вертикальное элеваторное колесо с ковшами;
- загрузочно-распределительное устройство;
- гребковое устройство;
- приводы.

Корпус выполнен из отдельных частей – днища, двух боковых секций, загрузочного лотка и разгрузочного желоба. Цилиндрическая часть корпуса (ванна) имеет футеровку из нержавеющей стали. Для выпуска из ванны суспензии в нижней части корпуса предусмотрено выпускное устройство. В корпусе крепятся основные узлы и механизмы сепаратора:

элеваторное колесо для выгрузки потонувшего продукта с приводом;

загрузочно-распределительное устройство, состоящее из загрузочного желоба с течкой, патрубка для подвода суспензии, жалюзийной решетки для равномерного распределения транспортного потока суспензии, лопастного погружателя, кармана для подачи восходящего потока суспензии;

- разгрузочный гребковый механизм с лопастями;
- кожух желоба для выгрузки всплывшего продукта;
- опорные катки элеваторного колеса.

Кроме того, на корпусе крепится общий привод качаний жалюзийной решетки и вращения разгрузочного гребкового устройства.

#### Барабанный сепаратор

Барабанный сепаратор сочетает в себе высокую эффективность разделения с уникальной особенностью конструкции – все механические движущие части расположены снаружи барабанов, т. е. внутри самой установки нет ковшей, цепей, прочих движущихся элементов. Барабанный сепаратор типа СБС имеет ленточную спираль на внутренней поверхности. Уголь класса + 6 мм поступает по желобу в барабан, который установлен на роликоопорах и приводится во вращательное движение. Суспензия поступает в барабан по желобу и движется в направлении, показанном стрелкой. Концентрат всплывает и уносится потоком суспензии, а порода осаждается на дно и транспортируется в обратном направлении спиралью. В конце барабана порода попадает в элеваторное колесо, которым выбрасывается в желоб.

Барабанные сепараторы успешно обогащают крупные классы 25 – 200 мм и работают с магнетитовой суспензией.

### Тяжелосредные гидроциклоны

Преимущества тяжелосредных гидроциклонов перед аппаратами, в которых разделение происходит только под действием сил тяжести (сепараторы типа СК), заключается в наличии центробежного поля, которое приводит к значительному (в десятки раз) увеличению скорости разделения материала по плотности. Кроме того, в гидроциклонах образуется турбулентный гидродинамический поток, разрушающий структуру суспензии, благодаря чему в них можно обогащать тонкие классы угля до крупности 0,15 мм. Тяжелосредные гидроциклоны применяют для обогащения углей любого класса крупности в пределах 0,5 – 40 мм и переобогащения промпродуктов отсадки аналогичной крупности. Большим преимуществом гидроциклонов является возможность применения их для обессеривания угля.

Тяжелосредные гидроциклоны могут комплектоваться обесшламливающими и обезвоживающими грохотами, дугowymi ситами, насосами и вспомогательным оборудованием: бак регулирующий – для распределения рабочей суспензии заданной плотности на два регулируемых потока; смесители – для формирования питания циклонов; делитель суспензии – для отвода части кондиционной суспензии в систему регенерации. Рабочие поверхности тяжелосредных гидроциклонов защищены от абразивного изнашивания износостойкой футеровкой.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение эксплуатационных затрат, снижение выбросов.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Процесс обогащения в тяжелосредных гидроциклонах является наиболее интенсивным в технике углеобогащения. Сочетание в одном аппарате тяжелой среды и центробежного поля обеспечило наибольшую эффективность разделения по плотности и максимальную удельную производительность по сравнению с другими обогатительными аппаратами. Эффективным является барабанный сепаратор СБЭ-2, трех-продуктовый сепаратор СКВП-32, а также сепараторы СТТ-32, КНС-108, КНС-138а и КНС-168 производительностью до 350 т/ч. На некоторых фабриках СНГ установлены сепараторы зарубежных конструкций: "Дрюбой" (Франция), "Ведаг" (Германия), "Теска" (Германия).

### **Кросс-медиа эффекты**

Себестоимость переработки выше за счет большего количества обслуживающего персонала (до 15 чел. в смену), существенно большего энергопотребления (4 – 5 кВт на тонну исходного), необходимости регулярно закупать магнетит, т. к. до 4 кг уходит с каждой тонной породы и концентрата. Обратная вода не чистая, а загрязнена утяжелителем и требования к качеству осветления оборотной воды существенно выше, чем при отсадке.

## **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью. Применение органических тяжелых жидкостей сдерживается их высокой стоимостью, токсичностью, сложностью регенерации.

### **Экономика**

Основные преимущества этого процесса состоят в большой точности разделения, высоких показателях, в простоте и дешевизне самой установки.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан. Экономическая эффективность.

## **5.2.2.2. Техника отсадки**

### **Техническое описание**

Отсадка – процесс разделения угольной смеси (угля, сростков и породы) по плотности в восходящей и нисходящей струях воды (мокрая отсадка) или воздуха (пневматическая отсадка), движущихся с переменной скоростью.

Показатели обогащения пневматических машин (сепаратор СПБ-100 (уголь 30 – 100 мм и 13 – 100 мм), УМ-3, СПК-4, СПБВ, СП-75) несколько хуже, чем у отсадочных машин мокрого обогащения, так как содержание золы в концентрате у них на 1 – 2 % выше. Кроме того, пневматические машины гораздо чувствительнее к колебаниям состава питания. При обогащении угля используется преимущественно отсадка мокрым способом. Мокрая отсадка применяется как для крупных (100 – 12 мм) так и для мелких классов (12 – 0,5 мм). Отсадка осуществляется для угля крупностью от 0,5 мм, поэтому перед обогащением на отсадочных машинах уголь должен подвергаться подготовке (грохочению). Современные обогатительные фабрики оснащены в основном беспоршневыми отсадочными машинами, у которых процесс отсадки идет за счет создания колебательного движения постели сжатым воздухом в водной среде. Выпускаются отсадочные машины с площадью отсадки от 8 до 24 м<sup>2</sup> и больше, состоящие из отдельных унифицированных секций. Новые отсадочные машины серии МО комплектуются вместе со специальными загрузочными устройствами, автоматическими устройствами для разгрузки тяжелых продуктов, обезвоживающими элеваторами, а иногда – воздуходувками. В настоящее время на обогатительных фабриках применяются отсадочные машины с подрешетным расположением воздушных камер. В указанных машинах воздушные камеры дуговой формы находятся под решетом, занимая пространство по всей ширине корпуса. Это позволяет создать равномерную пульсацию воды и воздуха на всей площади машины, уменьшить ее



габаритные размеры и массу. Отсадочная машина серии ОМ выполнена из трех унифицированных отделений. Корпус каждого отделения состоит из двух секций с водовоздушными камерами. В конце корпуса каждого отделения имеется разгрузочная камера со специальными шиберами, которыми регулируются ширина разгрузочной щели и высота порога перед последующим отделением. Внизу камеры находится разгрузочная воронка с разгрузочным устройством, состоящим из вращающегося ротора и качающихся колосников, исполняющих роль предохранителя от попадания в ротор крупных кусков отходов и других предметов. К разгрузочным воронкам подсоединяются элеваторы, выгружающие и обезвоживающие породные и промпродуктовые фракции, плотность выгружаемых фракций снижается от первого отделения к третьему.

Совершенствование гравитационных аппаратов ведется в направлении снижения их металло- и энергоемкости, повышения эксплуатационной надежности, использования новых материалов, упрощения конструктивных решений.

Перспективным путем решения задачи повышения эффективности обогащения является применение воздушной сепарации (пневмосепарации). Преимущества данного метода обусловлены возможностью снижения материалоемкости, энергозатрат и уменьшения расхода технической воды.

В настоящее время развитием данного направления стали конструктивно усовершенствованные, автоматизированные, пневматические сепараторы типа FGX (рисунок 5.4) и ПВС-1,4П (рисунок 5.5), выпускаемые компаниями "Shenzhou" (КНР) и ООО "НПК "ЛЭМЗ-ОГМК" (Украина) соответственно.



Рисунок 5.4. Пневматический сепаратор FGX (КНР)



Рисунок 5.5. Пневматический сепаратор ПВС-1,4 (Украина)

Производительность сепаратора по исходному питанию достигает 400 т/ч, он предназначен для обогащения углей и других сыпучих материалов насыпной плотностью до  $2,8 \text{ т/м}^3$ , крупностью  $-70+10 \text{ мм}$  и с поверхностной влагой до 10 %.

В России на предприятии АО "СУЭК" ШУ "Восточное" в 2010 г. для улучшения качества отгружаемого угля запущен в работу новый комплекс сухого пневматического обогащения FGX-12, который позволяет снизить зольность выпускаемой товарной продукции и получать новый продукт – концентрат, уголь коксующийся.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Из всех распространенных методов обогащения угля (гидравлическая отсадка, флотация, обогащение в тяжелых средах и пневмосепарация) именно отсадка по экологичности является наиболее приемлемой.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Процесс отсадки применяют для обогащения коксующихся и энергетических углей всех категорий обогатимости.

#### **Кросс-медиа эффекты**

К недостаткам отсадки относятся большой удельный расход воды, значительное число работающих агрегатов, необходимость большого штата обслуживающего персонала, большой расход сит перед отсадкой и в отсадочных машинах.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью. Значительные колебания гранулометрического состава ограничивает возможность применения данной технологии.

#### **Экономика**

Отсадка при обогащении полезных ископаемых относится к наиболее экономичным методам обогащения, в особенности при обогащении углей.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан. Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ.

### **5.2.2.3. Техника обогащения в струе воды, текущей по наклонной плоскости (концентрационные столы)**

#### **Техническое описание**

Процесс концентрации на столах применяют для обогащения угольного штыба и мелких классов угля 0 – 6, 0 – 3 мм и шлама. Недостатки процесса: низкая точность разделения, относительно низкая производительность и громоздкость концентрационных столов.

С середины двадцатого века на ряде углеобогатительных фабрик эксплуатируются концентрационные столы подвешного исполнения типа СКПМ - 6, опорного исполнения типа ЯСК-1 и СКМ-1. Технологическое назначение концентрационных столов состоит в переработке классов угля 0 – 13 мм, 0 – 6 мм, 0 – 3 мм, 0 – 1 мм. Эти аппараты показали достаточную эффективность работы. Кроме того установлено, что при этом происходит обессеривание шламов путем выделения свободной пиритной серы в классах крупностью до 3 мм.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение количества отходов.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

В зарубежной практике концентрационные столы используются в операции обогащения угольных шламов крупностью 0,2 – 3(6) мм с высоким содержанием серы для удаления пиритной формы серы.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Низкая точность разделения, относительно низкая производительность и громоздкость концентрационных столов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого

месторождения и экономической целесообразностью. Образование загрязненных сточных вод ограничивает возможность применения данной технологии.

### **Экономика**

На Углегорской ЦОФ в Донбассе с дробленой породой смешивали отходы концентрированных столов, на которых обогащались крупнозернистые шламы. На 10 тонн дробленой породы крупностью +25 мм и влажностью 7 – 8 % добавляли 0,6 – 0,7 м<sup>3</sup> воды и 1 м<sup>3</sup> тонких илов, сгущенных до 450 г/л. Влажность транспортабельной смеси составляла 14 – 16 % [49]. Такое технологическое решение позволяет работать без использования дорогостоящего и энергоемкого обезвоживающего оборудования типа фильтр-прессов и декантеров.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан. Экономическая эффективность.

## **5.2.2.4. Техника сухого обогащения**

### **Техническое описание**

Гравитационное обогащение сухим способом осуществляется в воздушной, а не в водной среде, и потому иногда называется пневматическим обогащением. Сухое обогащение угля осуществляется по тем же принципам, что и мокрое обогащение, для него применяются схожие виды оборудования. Для сухого обогащения угля применяют отсадочные машины (типа ПОМ), сепараторы (типов УША, СП, УПВС, FGX).

В настоящее время в странах СНГ применяются пневматические сепараторы типа FGX Китайского производства с альтернативной конструктивной схемой исполнения. Принцип действия сепаратора FGX и основные конструктивные элементы показаны на рисунке 5.6.

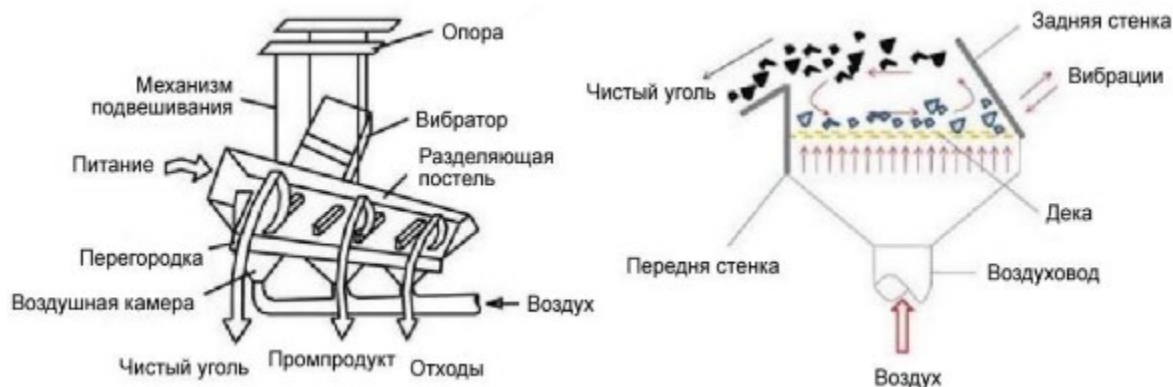


Рисунок 5.6. Конструктивная схема и принцип работы сепаратора типа FGX

Далее с развитием технологии сухие сепараторы могут оснащаться системами распознавания породы и угля, что улучшает селективность при разделении угля от породы.

К менее ресурсоемким установкам предварительной переработки угля относятся такие как установка спирального (винтового) сепаратора Китайского производства. По принципу работы в зависимости от различия по плотности, крупности и форме, угольная руда и песок разделяются под воздействием силы тяжести и центробежной силой вихревого потока. Недостатками спиральных сепараторов являются ограниченный диапазон плотности разделения  $1550 - 2000 \text{ кг/м}^3$ , низкая эффективность обогащения частиц крупностью менее  $0,15 \text{ мм}$  [50].

Примером пневматических сухих сепараторов является Корейская установка КАТ-Table, объединяющая в себе грохот, в котором порода измельчается, и обдувается мощным потоком воздушной струи и сортируется на вибростендах (рисунок 5.7).



Рисунок 5.7. Сухое обогащение угля КАТ-Table

Концентратор Dove производства тайской фирмы DOVE Equipment & Machinery Co., Ltd. предназначен для разделения полезных ископаемых по их плотности в сухом режиме без использования воды (рисунок 5.8). На его работу влияет плотность загружаемого материала, а также его крупность. Для эффективной работы плотность извлекаемого материала должна превышать  $2,8 \text{ г/см}^3$ .

Процесс разделения идет за счет действия поступательного движения вибрирующей поверхности и подающегося через нее непрерывного потока воздуха в контролируемой конфигурации.



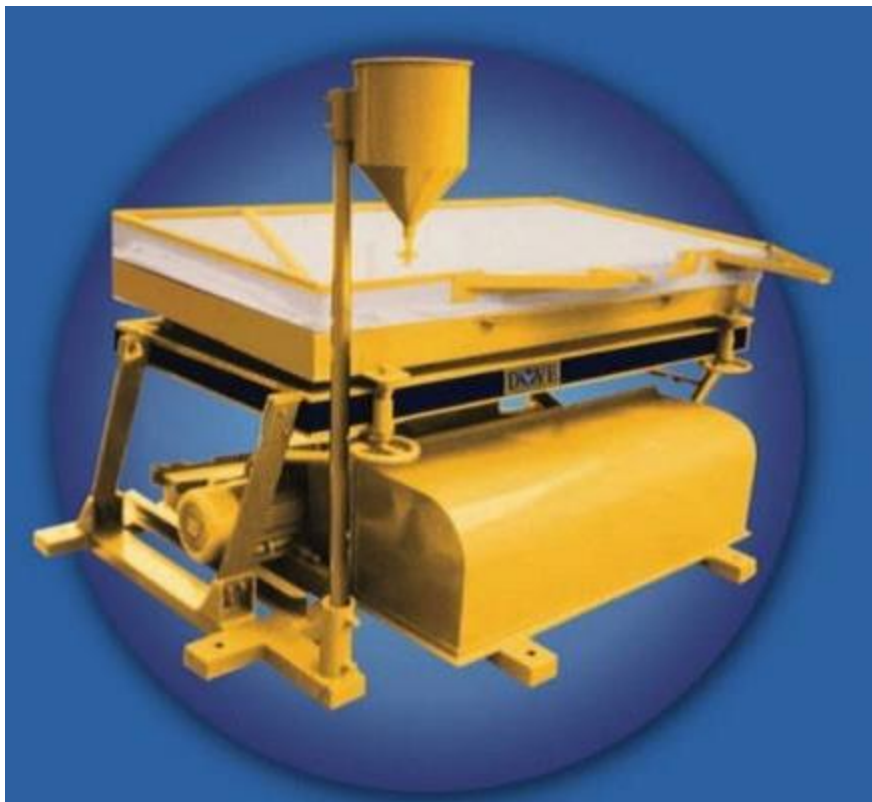


Рисунок 5.8. Концентратор Dove (DC-500)

### **Достигнутые экологические выгоды**

Преимущество сухого метода обогащения перед мокрым заключается в том, что уголь не нужно сушить перед отправкой, т. е. исключаются операции по обезвоживанию, сгущению шламов, осветлению шламовых вод и сушке продуктов обогащения.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Отличным от способов сортировки и усреднения являются технологии сухой сепарации угля, в последнее время демонстрирующие высокую эффективность в 85 – 90 % при получении низкозольного угля. В основе технологии гравитационного сухого обогащения для различного вида материалов с использованием обогатительного комплекса "СЕПАИР" реализована технология процесса разделения продуктов по плотности в псевдооживленном слое с управляемой циркуляцией слоя. При обработке на "Сепайр" рядового угля разреза Бунгурский (Кемеровская обл.) с исходной зольностью 22 – 23 % класса 14 – 25 и 25 – 40 мм были получены следующие продукты : низкозольный уголь (зольность 8 – 12 %), товарный уголь (16 – 18 %), промпродукт для переобогащения (35 %), вымещающие высокозольные породы-хвосты (75 % и более). Более того, с внедрением пневматической сепарации угля и автоматизацией пунктов погрузки существенно сократилось использование вагонов, колесного транспорта и частота отбора проб качества поставляемого угля.

Главными достоинствами пневматического обогащения являются простота технологических схем, отсутствие водно-шламового хозяйства. Как следствие, установки обогащения сухим способом отличаются относительно низкими капитальными и эксплуатационными затратами.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Образуются большие объемы пыли, которую необходимо улавливать.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью. Недостатком данной техники является ограничение в применимости: применима при обогащении сухого легкообогатимого угля с крупностью кусков не более 80 мм (но и не менее определенного предела).

#### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан. Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ.

### **5.2.2.5. Техника противоточной сепарации**

#### **Техническое описание**

Крутонаклонный сепаратор типа КНС, который используется при обогащении угля по принципу противоточной сепарации, имеет сложное устройство и сложную систему регулировки исходного сечения канала в четырех точках по его длине. Кроме того, важная задача при изготовлении и эксплуатации сепараторов КНС – обеспечение герметизации нерабочего пространства над деками.

Наличие указанных недостатков сепараторов КНС резко снижает эффективность процесса обогащения угля, а коммерческая стоимость сепаратора КНС составляет около 4 млн рублей за единицу.

Вследствие дороговизны, сложности устройства и низкой эффективности обогащения сепараторы КНС не нашли широкого применения в промышленности.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Глубина обогащения 0,2 мм. Класс 0 – 0,2 мм имеет зольность 60 – 70 % и выбрасывается со шламовыми водами.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

В настоящее время противоточные сепараторы применяются в основном для обогащения энергетических углей, разубоженной горной массы открытых разработок, механизированного удаления породы из горной массы на шахтах и разрезах.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Недостатком крутонаклонного сепаратора является необходимость предварительной, узкой классификации исходного материала по крупности, а также противонаправленное движение потоков тяжелой и легкой фракций на одной поверхности разделения. Модификация сепараторов для работы с неклассифицированным материалом и за счет разных вариантов установки отсекающих пластин не дает существенного эффекта. Недостатком также является низкая производительность концентраторов, ограниченная шириной рабочей поверхности (днища желоба), чрезмерное расширение которой приводит к потере управления процессом сепарации. Увеличение дебита подачи исходного материала или повышения скорости потока приводит к снижению коэффициента извлечения полезного компонента.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью.

#### **Экономика**

Ориентировочная стоимость строительства установки производительностью т/час составляет 7 – 8 млн долларов США. Себестоимость получения 1 тонны товарного угля зольностью 10 – 12 % составляет около 8 – 10 долларов США. Окупаемость установки 1 – 2 года.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республик Казахстан. Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ.

### **5.2.2.6. Техника обогащения необесшамленных углей**

#### **Техническое описание**

Обесшамливание угля – это процесс удаления наиболее мелких частей измельченного угля (шамов) из пульпы для повышения качества концентрата. [51] Обесшамливание угля может как предшествовать основному процессу обогащения, так и производиться на промежуточном или конечном этапе обогащения. Предварительное обесшамливание угля применяется перед флотационным обогащением или перед применением гравитационных методов обогащения, а также перед электрической сепарацией. Обесшамливание угля основано на разнице в скоростях движения частиц различной крупности под действием силы тяжести или центробежной силы в водной или воздушной средах. Для обесшамливания угля применяют воздушные, гидравлические и спиральные классификаторы, а также гидроциклоны. Для улучшения процесса обесшамливания в водной среде



используются механические (колебания различной частоты и амплитуды), физико-химические (реагенты-диспергаторы, например, едкий натр, сода, технические лигносульфонаты и др.) и физические (магнитное поле) воздействия.

Технология обогащения необесшламленных углей является вариантом схемы обогащения в тяжелосредных гидроциклонах.

К качеству машинного класса, поступающего на обогащение в гидроциклоны (засорению его избыточными по крупности зернами), предъявляются жесткие требования. Также нормируется и содержание шлама крупностью  $<0,5$  мм.

Подготовка углей начинается с классификации горной массы. Если крупный и мелкий машинные классы полностью обогащаются в тяжелых средах (в сепараторах и гидроциклонах), применяется мокрая классификация на грохотах, которая имеет высокую производительность и эффективность. При контроле за состоянием сит грохотов исключается попадание в мелкий машинный класс избыточных по крупности зерен. При обогащении всего угля одного машинного класса – верхний предел крупности 40 (30) мм – для обеспечения его чистоты целесообразно осуществлять контрольную классификацию на вибрационных грохотах. Классификация может быть совмещена с дроблением в барабанных дробилках избирательного дробления.

Заключительной операцией подготовки углей к обогащению является обесшламливание машинного класса. Для крупного машинного класса она осуществляется по размеру 13 (25) мм, для мелкого – обычно по размеру 0,5 мм.

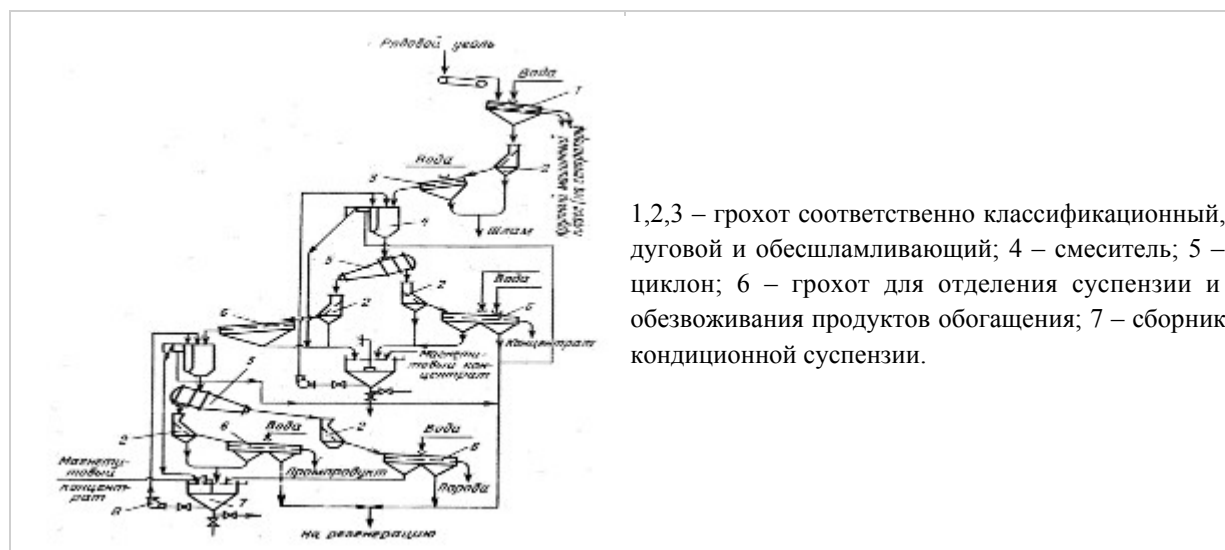


Рисунок 5.9. Схема оборудования для обогащения мелкого класса угля в двух последовательно установленных двухпродуктовых гидроциклонах

### Достигнутые экологические выгоды

Технология позволяет снизить предел крупности эффективно обогащаемого угля до 0,2 (0,15) мм.

### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Обесшламливание может предварять процесс обогащения или проводиться на промежуточном или конечном продукте операции.

### **Кросс-медиа эффекты**

Шлам в составе класса 0 – 6 мм обогащается более эффективно, чем в составе класса 0 – 38 мм. Поэтому на ряде зарубежных фабрик при обогащении в гидроциклонах необесшламленного угля принята технология обогащения узкого машинного класса.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан. Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ.

## **5.2.2.7. Техники обезвоживания**

### **Техническое описание**

В большинстве случаев получаемые продукты обогащения содержат значительное количество воды и непригодны для транспортирования. Для удаления воды (влаги) из продуктов обогащения применяют ряд операций, называемых в общем случае обезвоживанием.

В процессах обезвоживания на обогатительных фабриках с мокрыми процессами обогащения требуется удалить избыток влаги из чистых угольных продуктов. Для крупных частиц используются простые системы грохочения, в то время как для мелких и тонких частиц требуется более сложное оборудование, такое как центрифуги и фильтры. Избыток влаги, превышающий недопустимые пределы, в товарных продуктах создает проблемы при разгрузке транспортных средств из-за смерзания угля в зимнее время года и приводит к увеличению транспортных затрат на перевозку лишней воды. Поэтому влага, которую не удастся удалить механическими процессами, удаляется испарением при нагревании объема угля, что требует значительных капитальных затрат при строительстве сушильно-топочного отделения и последующих эксплуатационных затрат на сушку угля. Однако существует оборудование, которое позволяет в большинстве случаев отказаться от строительства сушильно-топочных отделений на новых фабриках, это осадительно-фильтрующие центрифуги "Декантер", которые в настоящее время являются наиболее применяемым оборудованием для обезвоживания тонкого угля в США, Австралии и в России. Широкое использование этой центрифуги в большей степени обусловлено надежностью в работе и

способностью получать более низкую влажность продукта (кека) по сравнению с конкурирующим оборудованием, таким как гипербарфилтры и дисковые вакуум-фильтры. На рисунок 5.10 показана фотография центрифуг "Декантер", установленных на ОФ "Антоновская".

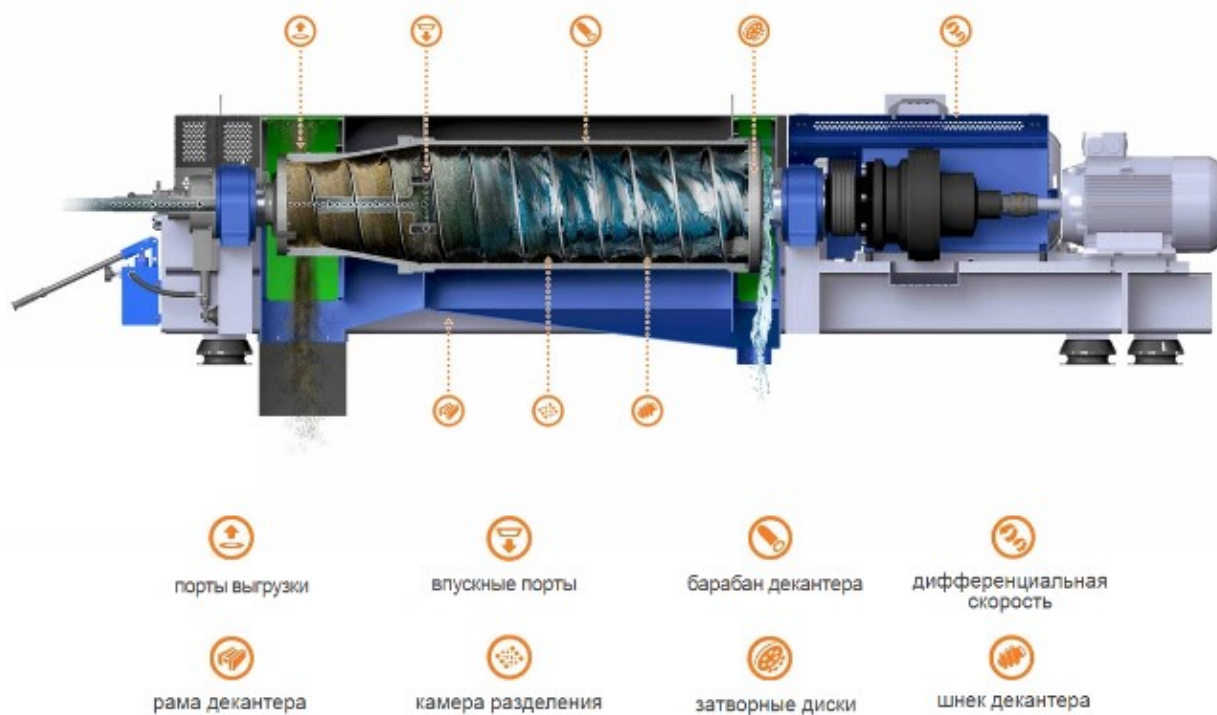


Рисунок 5.10. Промышленная Декантерная центрифуга

Применение этих центрифуг впервые в России в 2000 году позволило уже на стадии проекта этой обогатительной фабрики отказаться от термической сушки угля. На углеобогатительных предприятиях России и Украины успешно работают более 40 единиц осадительно-фильтрующих центрифуг "Декантер". Они заслужили хорошую репутацию благодаря высокой надежности, низкой влажности продукта, позволяющего отказаться от термической сушки концентрата, и значительно меньшей себестоимости обезвоживания шламов, по сравнению с такой конкурирующей технологией, как вакуумная фильтрация. [41]

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Проведенный анализ показал, что камерные фильтр-прессы на фабриках по обогащению угля позволяют значительно уменьшить затраты флокулянтов. И помогают получить на выходе сухой осадок и чистый фильтрат. Первый можно легко транспортировать, а второй – без дополнительной очистки направлять в систему водооборота ОФ.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Позволяет снизить затраты на перевозку концентрата и организовать замкнутый водооборот на горно-перерабатывающем комбинате. Результатом становится уменьшение себестоимости готовой продукции и минимизация влияния производства на окружающую среду. Полученные показатели обезвоживания на использованном оборудовании: 25 % влажности для флотационного концентрата и 28 % – для отходов.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Качество конечного продукта может ухудшаться из-за проблемных точек технологического процесса удаления влаги. Для повышения эффективности обезвоживания необходимо сначала обнаружить такие узкие места, а затем найти способ устранения проблемы.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью.

#### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан. Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ.

### **5.2.2.8. Техники брикетирования**

#### **Техническое описание**

Наиболее доступным и технически подготовленным методом утилизации шламов и угольной мелочи является брикетирование с применением связующих. Разработаны технологии изготовления различных видов топливных брикетов, основными из которых являются простые брикеты массой от 15 до 80 г, предполагаемая область применения которых – индустриальное топливо и специальные бытовые брикеты массой от 200 до 400 г, изготавливающиеся в основном в виде перфорированного цилиндра диаметром от 65 до 80 мм. Последние отличаются низкой температурой воспламенения, связующими в них являются сульфит-спиртовая барда, лигносульфонат и т. п. Время горения для брикета массой 200 г составляет от 90 до 150 минут в зависимости от марки и зольности угля. 400-граммовый брикет горит от 120 до 180 минут. Температура горения достигает от 500 до 700 °С. Брикет очень удобен в использовании, он легко зажигается от спички, горит достаточно продолжительное время.

В переработку для получения сиалонов могут быть вовлечены некоторые углеотходы Кузнецкого бассейна, АО "Востсибуголь" и АО "Якутуголь". [52]

В Англии, Франции, Германии, Чехии, Польше, Турции, США, Австралии и других странах по различным технологиям производят брикеты на базе угольной мелочи. Это

обусловлено тем, что при сжигании угольных брикетов по сравнению с сжиганием рядового угля, повышается на 25 – 35 % КПД топочных устройств, снижаются на 15 – 20 % выбросы сернистого газа, более чем вдвое снижаются выбросы твердых веществ с дымовыми газами, а также на 15 – 20 % снижается недожег горючих компонентов. Так, во Франции производится до 1,5 млн тонн угольных брикетов, в Бельгии и Англии – до 1 млн тонн. В Японии широкое промышленное применение получил процесс частичного брикетирования угольной шихты. [44]

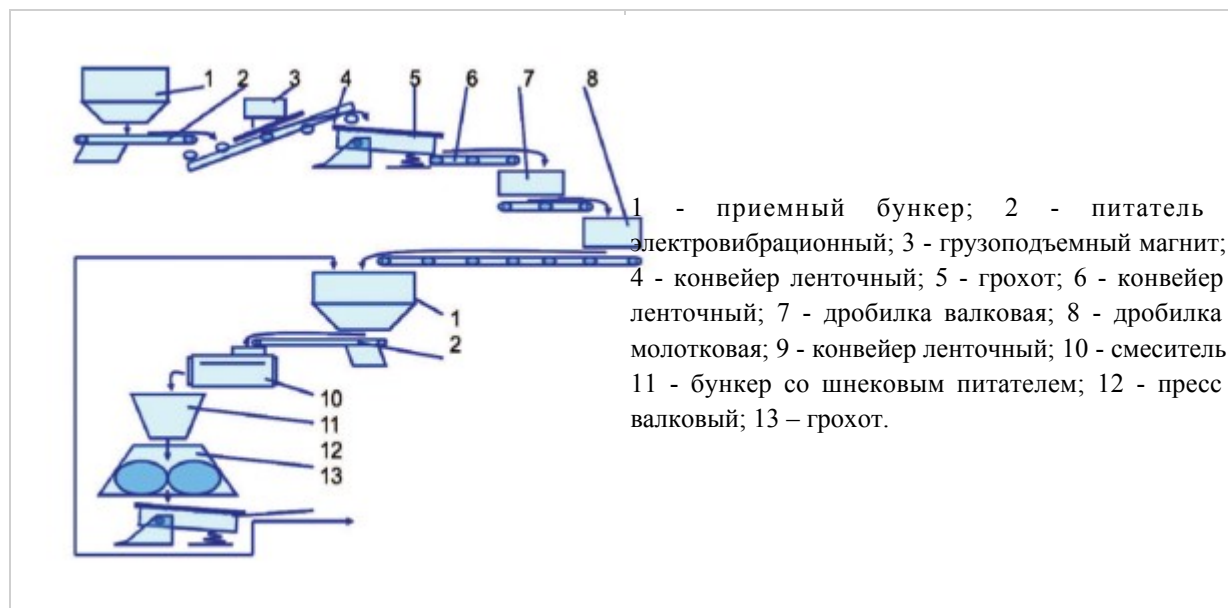


Рисунок 5.11. Технологическая схема производства угольных брикетов

К качеству брикетов предъявляются следующие требования:

- они должны быть плотными, звонкими при ударе;
- не обладать запахом;
- иметь высокую теплотворную способность, прочность;
- должны легко загораться, но не рассыпаться на огне;
- должны быть устойчивы при атмосферных условиях.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Значительное улучшение качества угля (снижение зольности и снижение засорения вмещающими породами).

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Брикетирование позволяет утилизировать неостребованные мелкие фракции угля, улучшить в результате брикетирования качественные и теплотехнические характеристики топлива при значительном увеличении полноты сгорания, уменьшить засоренность окружающей среды.

### **Кросс-медиа эффекты**

Технология брикетирования позволяет сократить объем отходов угольной промышленности и более эффективно использовать доступные ресурсы.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью.

#### **Экономика**

Брикетирование повышает теплотворную способность в 1,5 раза и позволяет снизить содержание влаги до 14 – 16 %.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.2.9. Техника использования грохотов с высокой удельной производительностью для мокрого грохочения с полиуретановыми панелями при классификации**

#### **Техническое описание**

Модели многодековых высокочастотных грохотов с параллельно расположенных друг над другом дек, и оснащенные высокоэффективными долговечными полиуретановыми панелями (ситами), предназначенные для разделения материала по крупности в операциях измельчения и обогащения.

Исключительную эффективность классификации и, в то же время, высокую производительность по питанию при значительном содержании в нем материала, обеспечивают такие конструктивные особенности, как линейная вибрация, генерируемая вибродвигателями, угол наклона дек в 15 – 25° и др. Для повышения эффективности отмывки тонких классов на грохоте может устанавливаться система дополнительного распульповывания материала непосредственно на деках грохота, например, пульподелители и системы распределения питания. Пульподелители и системы распределения изготавливаются для репрезентативного разделения питания, то есть каждая точка питания получает одинаковый (в смысле массового и объемного расхода, плотности пульпы, гранулометрии и т. д.) материал. Производительность от 125 до 180 тонн в час. Помимо этого, данный грохот создает прямолинейное вибрационное движение материала, вместо эллиптического, наиболее часто используемого при грохочении.

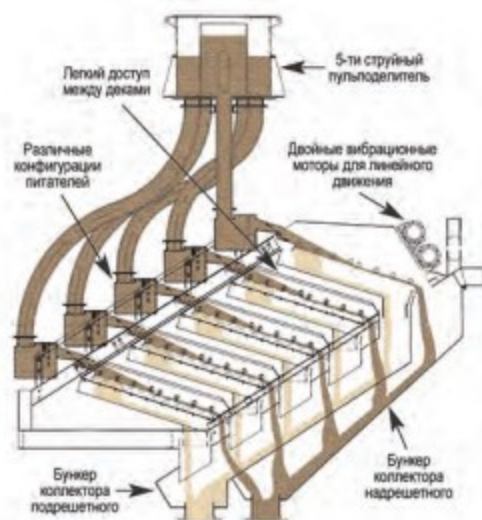


Рисунок 5.12. Схема грохота

Основные технические характеристики:

тип просеивающей поверхности – полиуретановая сетка;

коэффициент живого сечения просеивающей поверхности – 35,0 %;

размер отверстий просеивающей поверхности – до 38 микрон;

ширина рабочей зоны просеивающей поверхности – до 5,3 м;

площадь просеивающей поверхности – 1,5X5, S=7,5 м<sup>2</sup>;

удельная производительность по исходному питанию – 150 т/ч.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение потребления воды и электроэнергии в 2 – 4 раза за счет эффективности разделения. При этом на 1 тонну концентрата снижается удельный расход электроэнергии на 8,38 кВт/ч.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Двойные вибрационные двигатели Super G мощностью 2,5 л.с. (1,9 кВт, двигатели Super G предлагают подшипники, не требующие технического обслуживания и смазанные на весь срок службы (двухлетняя гарантия). Вода подается через форсунки на просеивающую поверхность. Потребление от 0,2 до 1 м<sup>3</sup> на тонну концентрата.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Полиуретановые сита Dergick имеют длительный срок службы, служат в 10 – 20 раз дольше проволочных, уникальная незабываемость этих панелей позволяет грохотить материалы, для которых ранее грохочение рассматривалось как невозможное.

## **Экономика**

Стоимость высокочастотного грохота "Стек Сайзер" в данное время на рынке колеблется от 250 000 до 320 000\$. Замена полиуретановых панелей колеблется от 6 до 12 месяцев. Стоимость замены сит составляет до 9000\$.

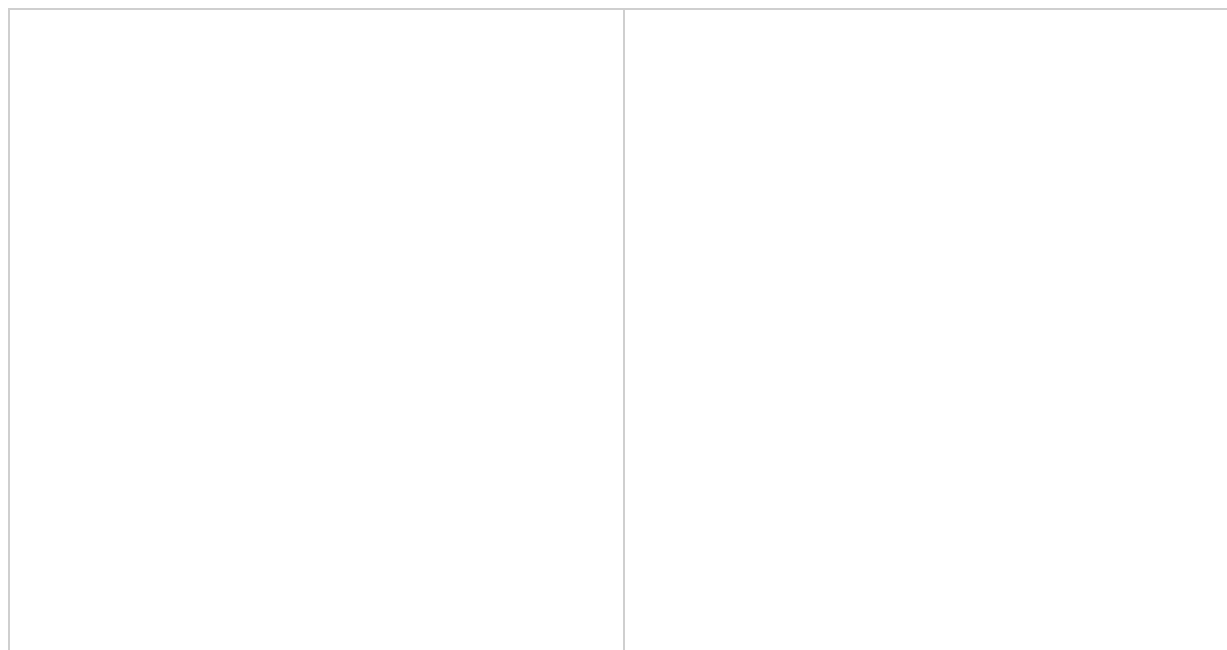
### **Движущая сила внедрения**

Увеличение производительности, улучшение качества продукции, экономические стимулы в виде эффекта, выраженного в сокращении потребления электроэнергии и приросту по выпуску дополнительного концентрата, низкие эксплуатационные расходы.

#### **5.2.2.10. Техника использования угольных вертикальных мельниц**

##### **Техническое описание**

Принцип работы в мельнице: мелющая среда в виде стальных шаров, керамической или натуральной гальки или других материалов вращается с помощью помещенной в нее винтовой двухзаходной спирали (или агитатора загрузки). Создается типичный замкнутый цикл измельчения. Измельчаемый материал подается сверху вместе с водой. Непрерывный восходящий поток пульпы поддерживается внешним насосом для рециркуляции. Насос выбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить заранее рассчитанную скорость восходящего потока, которая вызывает классификацию частиц в верхней части корпуса мельницы. Мелкие частицы питания поднимаются, а большие частицы падают на мелющую загрузку, где они попадают внутрь среды для измельчения. Среда поднимается лопастями шнека и падает в кольцевое пространство между лопастями и внутренними диаметрами корпуса мельницы. Глубина стальной мелющей среды: 2 – 2,5 м. Накоплению среды в нижней части корпуса мельницы препятствует малая площадь непосредственно под лопастями шнека.





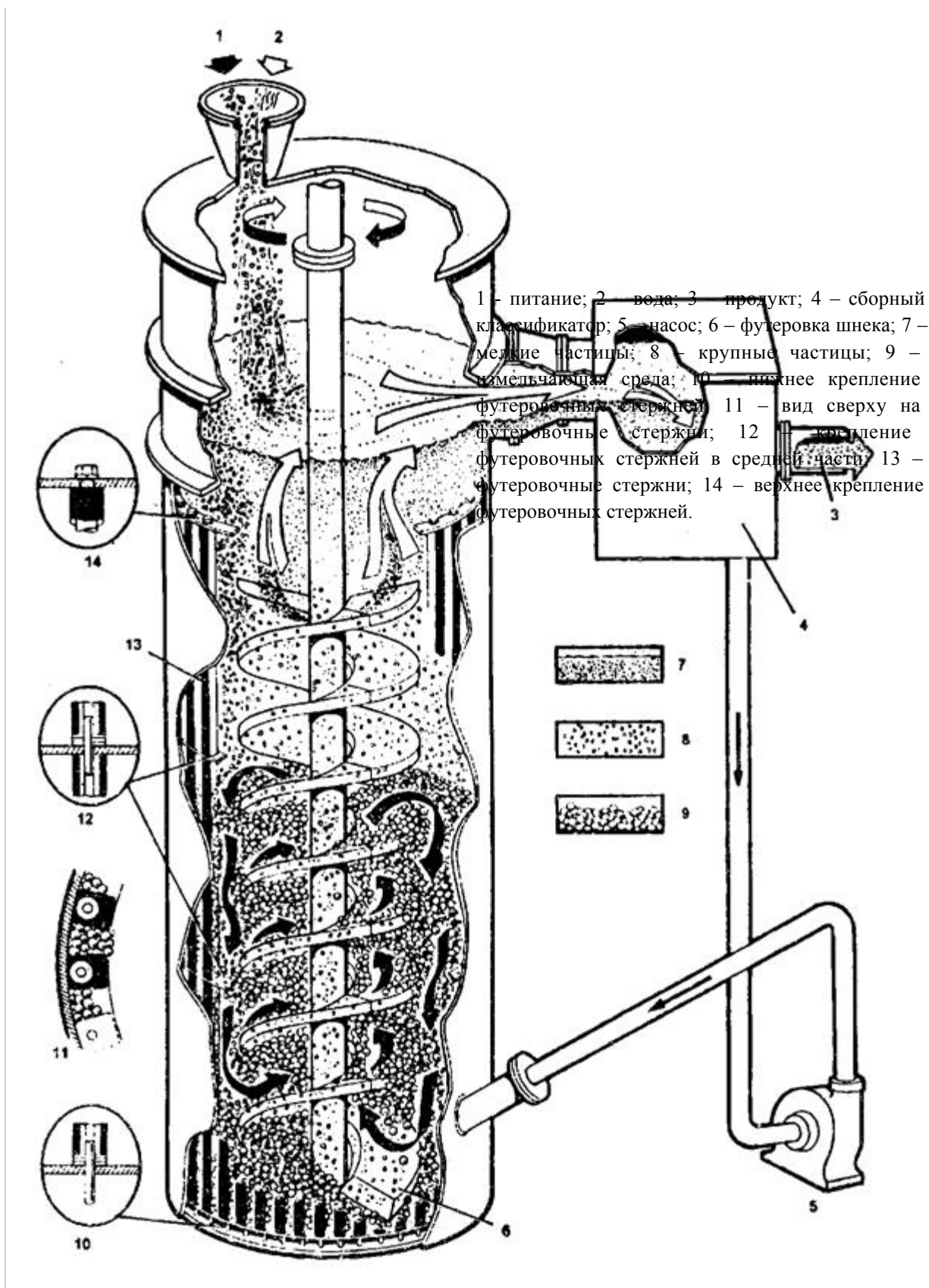


Рисунок 5.13. Схема измельчения и принципиальное устройство вертикальной мельницы

Пульпа сливается из корпуса в сборный классификатор или делитель. Слив является либо готовым продуктом, либо питанием для соответствующей классификации. Крупная фракция рециркулирует через мельницу. Измельчение осуществляется за счет трения и истирания. Эффективность измельчения повышается путем относительно высокого давления среды на измельчаемые частицы. Предварительная классификация и удаление из питания мелких частиц снижают переизмельчение и еще более увеличивают эффективность. Низкий шум и малое количество производимого тепла уменьшают непроизводственные потери энергии. Внутреннюю поверхность корпуса мельницы предохраняют от износа с помощью системы ребер, набранных в виде решетки; она же удерживает среду. Среда сама выступает в роли изнашиваемой поверхности. Первичными изнашиваемыми поверхностями являются специальные металлические или резиновые сменные плиты, закрепленные болтами на шнеке. Некоторые из этих элементов требуют замены через 6 – 12 месяцев.

Таблица 5.1. Технические характеристики вертикальных мельниц

№ п/п	Тип	Габаритные размеры, мм			Масса, т
		длина	ширина	высота	
1	2	3	4	5	6
1	VTM-20	4115	1320	7060	11,25
2	VTM-30	4115	1320	7190	12,00
3	VTM-50	4130	1525	7470	16,60
4	VTM-75	4130	1525	7595	17,80
5	VTM-100	4210	1690	7910	25,40
6	VTM-150	4560	2320	8610	36,30
7	VTM-200	4560	2320	9770	40,00
8	VTM-250	4560	2320	9770	41,70
9	VTM-300	5000	3175	10160	68,00
10	VTM-350	5000	3175	10160	72,60
11	VTM-400	5600	3480	10340	101,60
12	VTM-500	5600	3480	10570	104,00
13	VTM-600	6520	3650	11685	127,00
14	VTM-800	6850	3860	12190	158,70
15	VTM-1000	7425	4270	12400	220,40
16	VTM-1250	7425	4270	13460	226,80

Вертикальные мельницы, которые уже получили всемирное признание как энергоэффективное оборудование для измельчения способны работать с питанием до 6 мм и измельчать его до 20 мкм и ниже. Стандартные размеры мельницы от 15 л.с. (11

кВт) до 4500 л.с. (3,3 МВт). Вертикальные мельницы с мощностью двигателя 3,3 МВт способны выполнять те задачи, что и шаровая мельница с мощностью двигателя 4000 кВт и выше.



Рисунок 5.14. Описание комплектующих мельницы Vertimill

### **Достигнутые экологические выгоды**

При переработке различных типов угля экономия энергии при использовании установок увеличивается на 35 – 40 % по сравнению с традиционными шаровыми мельницами. Чем меньше крупность готового продукта, тем больше преимуществ имеет по сравнению с шаровыми мельницами. В процессе измельчения большое значение имеют характеристики рабочей (мельющей) среды. В вертикальных гравитационных мельницах, при измельчении затрачивается меньше энергии, что означает меньший расход мельющей среды. Поскольку процесс измельчения не предусматривает взаимный ударный контакт между мельющими телами и футеровкой, рабочая среда внутри мельницы подвергается меньшему износу и сохраняет свою форму и характеристики. Мельница позволяет не только снизить эксплуатационные расходы, но и сократить выбросы углерода. Конструкция мельницы влияет на эффективность измельчения и позволяет значительно сократить объем технического обслуживания.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Применение вертикальных мельниц позволит сократить электропотребление до 40 %, снизить расход помольных шаров до 50 % и футеровки, сократить техническое

обслуживание. Мельница позволяет не только снизить эксплуатационные расходы, но и сократить выбросы углерода.

### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Vertimill – энергоэффективная вертикальная мельница. Эти мельницы, как правило, измельчают более эффективно, чем, например, шаровые мельницы с подачей крупной массы до 6 мм на продукты тоньше 20 микрон. Это обеспечивает до 40 % более высокую энергоэффективность.

### **Экономика**

На предприятии Anglo American потребление энергии сокращено на 30 % при процессе доизмельчения по сравнению с применявшейся ранее технологией. Экономия общих эксплуатационных расходов – около 5,5 млн евро в год. Компания Metso поставила на предприятие Anglo American 16 мельниц Vertimill модели VTM-1500-WB. Переход на мельницы Vertimill привел к сокращению объемов образующихся сверхмелких частиц, снижению уровня шума на производстве и сокращению количества необходимых периферийных устройств, а также позволил упростить и повысить безопасность всех штатных устройств за счет сокращения воздействия на подвижные детали.

Стоимость Vertimill с винтовым транспортером Metso VTM-3000-WB Vertimill - 5 623 000\$.

### **Движущая сила внедрения**

Снижение эксплуатационных затрат, повышение эффективности измельчения и качества выпускаемой продукции.

## **5.2.2.11. Техники флотации угольных шламов**

### **Техническое описание**

Быстрый рост флотационного обогащения обуславливается необходимостью уменьшения нижнего предела обогащения из-за повышения зольности горной массы и, соответственно зольности мелких классов; совершенствовать водно-шламовое хозяйство фабрик из-за увеличения количества мелких классов в исходном угле. Глубокое обогащение углей осуществляется не только для коксовых целей ( коксующиеся угли), но и все более возрастает для энергетических углей.

Основные факторы, влияющие на эффективность флотации угольных шламов:

- 1) подготовка пульпы перед флотацией;
- 2) реагентный режим флотации;
- 3) аппаратное оснащение отделения флотации.

1. Эффективность флотации в большой степени определяется подготовкой пульпы к флотации, что часто не учитывается в должной мере. Подготовка пульпы перед флотацией включает следующие основные операции:

классификацию для выделения шламов флотационной крупности. Для классификации углей перед флотацией применяют классификаторы, конические грохоты, дешламаторы и низконапорные гидроциклоны. Удаление крупнозернистого (более 0,5 мм) материала из питания флотации позволяет снизить потери горючей массы с отходами, так как в отходы в основном попадают крупные зерна угля;

смешивание всех потоков шламовых вод, поступающих на флотацию, с целью их усреднения и распределение пульпы по флотомашинам;

кондиционирование (перемешивание) пульпы с реагентами. Подготовка или кондиционирование пульпы заключается в обработке ее реагентами с целью повышения флотируемости частиц и эффективности действия нерастворимых и вязких реагентов.

Кондиционирование осуществляется в аппаратах подготовки пульпы и обеспечивается, кроме того, системой автоматического дозирования заданного расхода реагентов на флотацию, установленного пропорционально изменению производительности по потоку и содержанию в питании флотации твердой фазы. Более сложные системы контроля расхода реагентов учитывают изменения гранулометрического состава шлама.

Распространены три технологии кондиционирования пульп:

I – осуществляется путем обработки в аппаратах кондиционирования всего питания флотации.

Такое кондиционирование осуществляется в аппаратах типа АКП-1,6 или "Каскад". Иногда такое кондиционирование осуществляется в контактном чане, для чего может быть использована одна из камер флотационной машины, работающая в режиме перемешивания без подачи воздуха. Подобное решение менее эффективно, но в ряде случаев оно оказывается достаточным для решения конкретно поставленной задачи, например флотация легкофлотируемого угля.

II – раздельная обработка реагентами различных классов крупности питания флотации.

При контактировании с собирателем полидисперсной пульпы на единице площади поверхности угольных частиц закрепляется практически равное количество капелек реагента независимо от крупности частиц. Данное обстоятельство при обычных методах подготовки пульпы к флотации не позволяет за равные промежутки времени создать условия равнофлотируемости относительно крупных и тонких зерен, поскольку для их флотации требуются адсорбированные слои собирателя различной плотности. На практике это приводит к неполной флотации крупных частиц и снижению избирательности флотации частиц тонких. Различие во флотационной активности

отдельных узких классов зерен вызывает необходимость подбора для крупных частиц своего реагентного режима. Крупные классы целесообразно обрабатывать при относительно высоких концентрациях реагентов, а тонкие, наоборот, при более низких. Для этого используют аппараты системы раздельного кондиционирования АРКП и АРКПС, нашедшие наибольшее применение на фабриках Кузбасса.

В аппаратах раздельного кондиционирования АРКП и АРКПС созданы условия для разделения пульпы под действием центробежных сил на песковую (крупнозернистую) и илистую фракции. В зернистую часть вводится реагент собиратель. Из-за высокой концентрации зернистой части в ней создаются благоприятные условия для избыточного покрытия частиц собирателем. Затем в этом же аппарате в нижней его части потоки объединяются. Кондиционирование тонких частиц происходит путем перераспределения реагента с зернистой частью. Из-за "дефицита" реагента в пульпе он переходит в основном на более гидрофобные подлежащих флотации тонкие частицы угля.

III – гидрофобная агрегация мельчайших частиц угля масляными реагентами.

Для достижения высокой степени агрегации микрочастиц угля небольшим количеством масла, не превышающим флотационные расходы собирателя, необходимо интенсивное перемешивание суспензии в течение некоторого времени и достаточная площадь поверхности раздела масло-вода. Обеспечить необходимые интенсивность и время перемешивания суспензии не сложно, а для увеличения поверхности раздела масло-вода без увеличения расхода масла используются дополнительные центры агрегации мелких частиц в виде омасленных пузырьков воздуха. Толщина масляной пленки на пузырьках примерно на 2 порядка меньше ее толщины на угольной поверхности, что обеспечивает многократное увеличение поверхности раздела масло-вода. В процессе масляной аэроагломерации (МАО) угольных шламов на поверхности мелких омасленных пузырьков воздуха с высокой скоростью закрепляются частицы угля, образуя устойчивые углемасляные аэрокомплексы, которые легко отделяются от минеральной пульпы последующей флотацией.

Основными технологическими факторами, влияющими на эффективность процесса МАО, являются интенсивность и продолжительность перемешивания пульпы, расход и тип масляных реагентов, количество добавляемого воздуха.

Технология подготовки пульпы перед флотацией с использованием процесса МАО внедрена на трех углеобогатительных фабриках Кузбасса. Применение технологии МАО позволило уменьшить загрязненность оборотной воды и обеспечило повышение технологической и экономической эффективности работы фабрик: увеличилась производительность флотомашин в 1,5 – 2 раза, уменьшился расход собирателя на 20 – 30 %, сократились потери угля и количество сбрасываемых шламовых отходов на 40 – 50 %, увеличился выход концентрата на 2 – 5 %.

2. При флотации углей применяют в основном реагенты трех типов:

аполярные – собиратели, действующие на поверхности раздела твердой и жидкой фаз;

гетерополярные – пенообразователи, действующие на поверхности раздела жидкой и газообразной фаз;

реагенты комплексного действия – обладающие собирательными и вспенивающими свойствами.

Вопрос о выборе оптимального реагента для конкретного случая флотации зависит от многих факторов, которые определяются требованиями:

высокой эффективностью процесса (большой селективностью действия);

постоянством состава и свойств применяемого вещества;

хорошей экологичностью (отсутствием токсичности или резкого и неприятного запаха);

высокой технологичностью (большой текучестью, низкой температурой замерзания и малой вязкостью);

отсутствием легкой воспламеняемости и корродирующего действия на оборудование,

недефицитностью и экономической приемлемостью. Реагентный режим флотации предусматривает состав реагентов, их количество и способ (точки) загрузки. Как недостаток, так и избыток реагентов ухудшают показатели флотации.

3. Флотомшины для обогащения углей отличаются большим разнообразием как по типам, так и технологическим показателям. В большинстве случаев при классификации флотационных машин основным признаком принимают способ аэрации пульпы. По этому признаку машины делятся на механические, пневмомеханические (комбинированные) и пневматические.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Большой выход концентратов (80 – 90 %) и малый выход хвостов. Это отражается на конструкции флотомашин. Они делаются с двухсторонним съемом пены. Высокая скорость флотации угля, примерно в 100 раз выше флотации минералов.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Хорошие результаты дало внедрение флотационных машин ФПМ-12.5, МФУ-12 производительностью по пульпе 500 – 600 м<sup>3</sup>/ч и ФМ-25; целесообразно применение больше объемных камер (флотомашин: ФМ-40, ФП-40, ФПМ-40, ОК-38, ОК-60, ФМУ-63, ОК-100) и колонных флотомашин.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Большой удельный расход электроэнергии и повышенная стоимость обогащения.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого

месторождения и экономической целесообразностью. Реагентный режим флотации ограничивает возможность применения данной технологии.

### **Экономика**

В качестве реагентов при флотации угля применяют вещества сравнительно дешевые. Расходы на обогащение соотносятся со стоимостью концентратов.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

## **5.2.2.12. Специальные техники обогащения**

### **Техническое описание**

#### **Электрическая сепарация**

Электрическое обогащение полезных ископаемых – отделение ценных компонентов от пустой породы, основанное на действии электрического поля на их частицы, различающиеся электрофизическими свойствами. Для электрообогащения используются методы электросепарации.

Из них наиболее применимы методы, основанные на различии в электропроводности, в способности к приобретению электрических зарядов при контакте и трении и в диэлектрических проницаемости разделяемых минералов. Использование униполярной проводимости, пироэлектрической, пьезоэлектрической и других явлений может быть эффективно только в отдельных случаях.

Обогащение по электропроводности происходит успешно, если компоненты смеси минералов значительно отличаются по величине проводимости.

Основной фактор, определяющий полную электропроводность частиц непроводящих и полупроводящих минералов – их поверхностная электропроводность. Поскольку атмосферный воздух содержит значительное количество влаги, последняя, адсорбируясь на поверхности зерен, резко влияет на величину их электропроводности. Регулируя количество адсорбированной влаги, можно управлять процессом электрической сепарации.

#### **Масляная агломерация (грануляция)**

Данный метод применяется для обогащения, обезвоживания и облагораживания полезных ископаемых, в частности угля. При этом диапазон зольности исходного угля очень широкий – от 10 – 15 до 60 – 75 %, а процесс отличается высоким самовыравниванием, которое обеспечивает стабильные характеристики концентрата при колебании характеристик обогащаемого угля в широких пределах.

В общем случае суть метода заключается в выборочной агрегации гидрофобных угольных частиц в водоугольной гидросмеси аполярным углеводородным связывающим (маслом) в относительно крепкие углемасляные агрегаты (агломераты, гранулы). При этом гидрофильные минеральные частицы, которые не смачиваются маслом, остаются в водной фазе гидросмеси в диспергированном состоянии.



Масляная агломерация – сложный многоэтапный процесс, протекание которого возможно по двум принципиально разным механизмам: "амальгамному" и "коалесцентному". В первом случае при перемешивании водоугольной суспензии со связывающим в турбулентном режиме имеют место субпроцессы: наполнение пленки связывающего органической массой с образованием угле-наполненной "амальгамы"; разрушение последней на первичные агрегаты; обкатывание агрегатов с образованием углемастных гранул преимущественно сферической формы.

#### Магнитное и электромагнитное обогащение

Магнитный метод обогащения основан на различии в магнитных свойствах подлежащих разделению компонентов исходного сырья. Магнитное обогащение осуществляется в магнитных сепараторах, особенностью которых является наличие в их рабочей зоне разделения магнитного поля. При движении разделяемого продукта через магнитное поле сепаратора под воздействием магнитной силы частицы с различными магнитными свойствами движутся по отличным друг от друга траекториям, что позволяет магнитные и немагнитные частицы выделять в свои продукты. Кроме магнитной силы на частицы материала, перемещаемые через рабочую зону сепаратора, оказывают воздействие механические силы, которые совместно с магнитной определяют режим разделения.

Электромагнитное обогащение получило применение при переработке углей в качестве метода регенерации суспензий при тяжелосредном обогащении.

#### Прочие специальные методы обогащения

Обогащение по форме и коэффициенту трения возможно на неподвижных или подвижных гладких, рифленых и перфорированных поверхностях.

Магнитогидродинамическое (МГД) обогащение состоит в том, что при пропускании электрического тока через проводящую (электропроводную) жидкость, помещенную в магнитное поле, в ней возникает, кроме силы Архимеда, сила электромагнитной природы. Эта сила выталкивает из жидкости частицы с отличной от жидкости проводимостью. Поэтому разделение частиц осуществляется одновременно по плотности и проводимости. Для эффективности процесса необходимо, чтобы проводимость жидкости была выше проводимости угля. Применяют растворы NaOH, NaCl и др.

Магнитогидростатическая сепарация аналогична МГД-обогащению, но разделяющей средой в ней является не электролит, а ферромагнитная жидкость. При взаимодействии с внешним полем в ней появляется выталкивающая сила, которая постоянна во всем объеме жидкости и зависит от ее плотности, регулируемой силой тока в обмотке возбуждения электромагнита. В качестве ферромагнитной жидкости можно использовать водный или керосиновый коллоидный раствор ферромагнетика Fe

Селективная коагуляция и флокуляция применяются для обогащения угольных шламов. Она основана на различии коллоидно-химических свойств компонентов. Этот метод известен давно, но развитие получил в последние годы вследствие синтеза и промышленного производства ряда высокомолекулярных соединений, принадлежащих классу защитных коллоидов. С помощью этих соединений создаются такие условия, что глинистые частицы находятся во взвешенном состоянии, а угольные – оседают (селективная коагуляция) или образуют флокулы, которые затем удаляют (селективная флокуляция). Для селективной коагуляции перспективно применение сочетания различных полимеров типа полиакриламида, для селективной флокуляции угольных шламов – полимеров типа латексов. ОФ "Распадская" является самой мощной фабрикой в России по переработке коксующего угля. Мощность фабрики составляет 15 млн т/г. Фабрика состоит из трех секций: первая и вторая секция были запущены в эксплуатацию в ноябре 2005 года, третья секция – в августе 2008 года . [54]

Каскадно-адгезионное обогащение объединяет в себе особенности пенной, масляной, вакуумной, пленочной флотации и может быть использовано для очистки сточных вод углеобогатительных фабрик, а также других промышленных предприятий.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Метод каскадно-адгезионного обогащения шламов оборотной воды углеобогатительной фабрики Череповецкого металлургического комбината позволил получить концентрат зольностью 3,6 % и влажностью 3 – 5 % в виде гранул крупностью 6 – 8 мм, зольность отходов составила 69 – 70 %. [55]

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

При использовании масляной агломерации достигается высокая селективность при разделении частиц менее 100 мкм, широкий диапазон зольности обогащаемого угля, возможность вести процесс при плотности пульпы до 600 г/л, дополнительное обезвоживание концентрата за счет вытеснения воды маслом при образовании углемастных гранул, практически полное извлечение (более 90 %) в угольный концентрат органической части угля и углеводородного связующего, что обеспечивает снижение зольности конечного продукта и повышение его теплотворной способности.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Основным недостатком, сдерживающим широкое внедрение масляной селекции в производство, является высокий расход масляного агента, обусловленный необходимостью получения крупных агрегатов, чтобы при разделении агрегированного продукта и минерализованной суспензии на сите не происходило засорение подрешетного продукта мелкими угольными агрегатами. При добыче и переработке энергетических углей из дальнейшего использования обычно исключаются угольные

шламы, которые в виде шламовой воды сбрасываются в наружные отстойники. В результате этого теряется большое количество ценной органической составляющей углей, происходит загрязнение окружающей среды.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью.

#### **Экономика**

Электрообогащение полезных ископаемых отличается экономичностью и высокой эффективностью процесса, поэтому оно находит все более широкое применение.

Использование масляной агломерации при обогащении шламов энергетических углей позволяет получить высококалорийное топливо при низких затратах на обезвоживание концентрата.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.3. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов при проведении буровзрывных работ в разрезах и шахтах**

#### **5.2.3.1. Позиционирование буровых станков в реальном времени с применением системы контроля параметров высокоточного бурения**

##### **Техническое описание**

Комплекс буровых работ включает в себя: расчет и проектирование оптимальных параметров буровзрывных работ с учетом характеристик горных пород; расстановку буровых станков; бурение скважин. Бурение взрывных скважин осуществляется как станками производства ближнего зарубежья, так и высокотехнологичными буровыми станками импортного производства Atlas Copco: DML; DM-45.

Один из реальных путей устранения рисков выбросов пыли в атмосферу заключается в использовании систем точного управления и позиционирования буровых станков. В настоящее время известно применение спутникового (GPS/Глонасс) позиционирования буровых станков в карьере для повышения точности расположения взрывных скважин и более эффективного использования взрывчатых веществ. Системы спутникового позиционирования с использованием информации о текущей глубине бурения, скорости бурения, давлении в гидросистеме позволяют получать информацию об энергоемкости бурения горного массива в различных точках скважин. Необходимую информацию бортовой компьютер бурового станка получает по радиоканалу из диспетчерского центра. Информация об энергоемкости бурения с отдельных скважин через систему спутникового позиционирования обрабатывается и суммируется в общую трехмерную карту трудности бурения для облегчения работы при расчете и закладке взрывчатых веществ в скважины. Трудность бурения на такой карте

отображается разными цветами, не измеряется в конкретных единицах, а отражает относительный энергетический показатель.

После выполнения бурения выполняется передача фактических координат скважин в режиме реального времени в системы планирования горных работ и имитационного моделирования взрывов для их дальнейшего использования при обчете параметров зарядов в скважинах и проектировании схем их коммутации. [56]

### **Достигнутые экологические выгоды**

Использование систем точного позиционирования и управления работой буровых станков в итоге обеспечивает:

снижение выбросов в атмосферу оксида азота NO, диоксида азота NO<sub>2</sub> и пыли неорганической, в том числе наиболее опасной для окружающей среды мелкодисперсной;

снижение перерасхода ВВ, дизельного топлива и бурового инструмента за счет более быстрой установки станка на место бурения очередной скважины и сокращения времени на переезды между скважинами, снижения количества скважин повторного бурения; сокращение парка буровых станков для выполнения проектного объема бурения по разрезу;

уменьшение объема образования отходов за счет снижения расхода долота и штанг на 1 метр бурения.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Учитывая, что бурение скважин является первоначальным этапом к подготовке взорванной горной массы, при эффективном управлении буровыми работами, в последствие достигаются следующие результаты – безопасность при массовом взрыве; качество подготовленной горной массы, выраженное в полученном гранулометрическом составе горной массы, влияющем в дальнейшем на производительность погрузочно-транспортного оборудования; снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Данная система состоит из:

интеллектуальной панели, установленной в кабине бурового станка, служащей для отображения проекта на буровые работы (рисунок 5.15);

навигационного приемного оборудования;

датчиков определения осевого давления;

датчика определения скорости вращения;

датчиков определения угла наклона скважины;

наборов датчиков определения глубины бурения;

программного обеспечения для визуализации бурения.

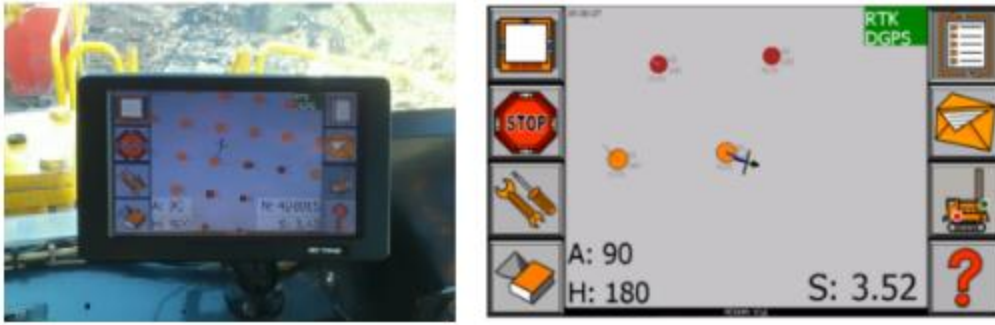


Рисунок 5.15. Оборудование, установленное в кабине бурового станка и интерфейс программы

Установленная система высокоточного позиционирования позволяет машинисту бурового станка с точностью определить местонахождение проектной скважины (погрешность до 10 см), произвести бурение в полном соответствии с проектом на буровые работы. Принимая во внимание возможность определения фактических координат устьев скважин, угла наклона скважин, а также положения скважин на уровне проектного горизонта, инженер по буровзрывным работам в режиме трехмерного моделирования определяет фактическую линию сопротивления по подошве, минимальное расстояние между скважинами по подошве уступа, в связи с чем производится расчет массы заряда взрывчатого вещества исходя из условий: строгого соблюдения проектных решений; безопасного проведения взрывных работ (снижение разлета кусков породы и т. д.); качественного дробления массива; минимизации вредного влияния на окружающую среду.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Капитальные затраты. Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленные методы (конструктивные и технические решения), являются общеприменимыми, и могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

#### **Экономика**

В настоящее время системы точного позиционирования и управления карьерными буровыми станками в основном представлены продукцией компаний: ProVision® Drill компании Modular Mining Systems, Inc. (США), КОБУС® компании Blast Maker (Кыргызстан), mineAPS® Drill компании Wenco Mining Systems (Канада).

Широкое применение автоматизированных систем управления горнотранспортным комплексом, основанных на технологиях спутниковой навигации, обусловлено их высокой эффективностью, достигаемой за счет повышения производительности оборудования на 15 – 25 %, при этом срок возврата инвестиций составляет от нескольких месяцев до полутора лет.

Программно-технический комплекс "Blast Maker"® успешно работает на предприятиях АО "СУЭК", АК "АЛРОСА", АО "Полиметалл УК", ПАО "Северсталь" и др.

Экономический эффект от внедрения ПТК "Blast Maker" складывается из экономии в результате сокращения расходов на ВВ и проходку скважин до 10 % и повышения производительности горнотранспортного оборудования до 8 % в связи с улучшением качества дробления горной массы и др.

Так, например, на "Разрезе Тугнуйский" АО "СУЭК" экономический эффект за 3 года эксплуатации составил 510 млн рублей. Успешное использование бортового вычислительного комплекса КОБУС® способствовало, например, установлению последовательно 2011 – 2017 гг. на "Разрезе Тугнуйский" нескольких мировых рекордов по проходке скважин. [57], [58]

Мировой опыт компании Modular Mining Systems, Inc. по оснащению парка буровых станков системами точного позиционирования и управления в сочетании с использованием современных компьютерных систем проектирования БВР и имитационного моделирования взрывов значительно повышает экономическую эффективность буровзрывных работ и на 15 % снижает уровень финансовых затрат на БВР. Уменьшает выход негабаритов на 0,2 – 0,4 %, увеличивает удельный выход горной массы с 1 п.м. скважины.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

Повышение производительности и эффективности использования бурового станка, оптимизация процессов БВР, экономия материальных ресурсов.

### **5.2.3.2. Внедрение методов снижения пылеобразования с применением технической воды и различных активных средств для связывания пыли**

#### **Техническое описание**

Распространенными способами борьбы с пылью при работе станков механического бурения являются: мокрый метод – пылеподавление воздушно-водяной смесью; пылеподавление воздушно-эмульсионными смесями (ПАВ) и сухой метод – сухое пылеулавливание. В зависимости от условий работы и применяемого оборудования эти методы могут использоваться в разных вариантах. Но общие принципы снижения запыленности, описанные в этом разделе, применимы для всех случаев бурения на разрезах, включая использование различных буровых установок.

Основным направлением снижения пылевыделения при работе станков шарошечного бурения в настоящее время является применение мокрых способов пылеподавления и пылеулавливающих установок, так как использование воды при пылеподавлении в технологическом процессе буровых работ самый эффективный и доступный способ снижения загрязнения атмосферного воздуха.

При сухом бурении снижение запыленности происходит без использования воды. Для улавливания пыли используют оборудование, находящееся на буровой установке у устья скважины. Такое оборудование может работать в разных климатических условиях, и оно эффективно при низкой температуре. Конструкция пылеулавливающего оборудования может быть разной, и она зависит от размера буровой установки.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Воздушно-водяная смесь на ставках образуется при подаче воды в поток сжатого воздуха и распылении ее на мелкие капли. В призабойном пространстве смесь создает факел из капель, которые сталкиваются с пылевыми частицами (рисунок 5.16). Вихреобразование повышает вероятность столкновения пылевых частиц с каплями воды. Смачивание и коагуляция пыли продолжаются при движении продуктов бурения по затрубному пространству. Шлам от устья удаляется воздушным потоком, создаваемым вентилятором, который устанавливается на станке на расстоянии 1,1 – 1,5 м от скважины. Частицы, смоченные водой, выпадают из потока и оседают на поверхности уступа на некотором расстоянии от устья скважины. Подача воды контролируется оператором буровой установки из кабины, и в некоторых кабинах ставят расходомер для определения оптимального расхода воды. Для повышения смачивающих свойств воды можно использовать добавки ПАВ, которые снижают поверхностное натяжение воды, улучшают ее смачивающую способность и диспергирование. Измерения показали, что это позволяет снизить концентрацию пыли на 96 %.



Рисунок 5.16. Движение воздушно-водяной смеси при мокром методе пылеподавления

Для эффективного снижения запыленности нужно, чтобы оператор следил за подачей воды. Расход воды при этом способе небольшой – обычно 0,4÷7,6 л/минут, но он зависит от типа долота, горно-геологических условий и уровня влажности буримых пород. Например, при увеличении расхода воды с 0,8 до 2,4 л/минут происходит значительное снижение запыленности. Но после того, как в том конкретном случае проведения измерений, расход достиг 3,8 л/минут, возникли новые проблемы: наконечник долота стал засоряться, и буровая коронка стала трудно вращать из-за того, что мокрый разрушенный материал стал слишком тяжелым для выдувания из скважины, и стал засорять пространство между долотом и стенками скважины. Таким образом, подача слишком большого количества воды создает дополнительные проблемы, происходит снижение стойкости шарошечного долота (до 50 %) вследствие повышенного износа подшипников. Расход воды, которую нужно подавать, зависит от типа бурового инструмента и от свойств разрушаемого материала.

На основе результатов измерений и наблюдений мокрого метода бурения, разработаны следующие рекомендации по его применению:

Чтобы расход воды был близок к максимальному, оператор должен плавно увеличивать подачу воды до тех пор, пока не перестанет наблюдаться визуально заметный выброс пыли.

Повышенная подача воды не приведет к значительному уменьшению запыленности, но скорее всего создаст эксплуатационные проблемы – ускоренное разрушение наконечника долота (при использовании трехшарошечного долота), возможное "заедание" бурового инструмента. А подача меньшего количества воды уменьшит эффективность пылеподавления.

Важно увеличивать подачу воды постепенно, и с задержкой по времени (на тот период, который требуется для подъема воздушно-водяной смеси до устья скважины).

При бурении нужно непрерывно следить за расходом воды, чтобы ее подача была оптимальной для снижения запыленности, и чтобы не произошло засорения пространства между долотом, буровой штангой и скважиной.

Используемая вода должна фильтроваться, чтобы грязь, содержащаяся в воде, не могла засорить систему мокрого пылеподавления.

При температуре воздуха, меньше 0 °С, во время бурения система должна подогреваться, а при (длительных) перерывах вода должна сливаться. В большинстве буровых установок расположение емкости с водой вблизи двигателя и гидравлической системы оказывается достаточно для того, чтобы предотвратить замерзание во время работы – за исключением очень низкой температуры воздуха. Когда бурение не проводится, вода должна сливаться.

Бурение шпуров и скважин с промывкой водой (так называемое мокрое бурение) пока основное средство пылеподавления при буровых работах в подземных условиях. При мокром пылеподавлении вода используется для удаления разрушенной породы из



скважины. Для промывки шпуров и скважин при бурении применяют два способа: осевую и боковую подачу воды. На отечественных рудниках применяют преимущественно осевой способ. Осевой способ широко применяют на рудниках ЮАР, Австралии, Канады и т. д. На рисунке 5.19 показано, как вода подается через специальную водоподводящую трубку, расположенную по оси перфоратора, и затем поступает в канал буровой штанги. Выходя через отверстие в головке бура, вода омывает забой шпура и вытекает через канал скважины, унося разрушенную породу. Давление воды у перфораторов должно быть равно давлению воздуха, используемого для работы перфоратора, или на 0,5 – 1 ат ниже давления сжатого воздуха. Расход воды при бурении должен быть постоянным и составлять: для ручных перфораторов не менее 3 л в минуту. Эффективность данного способа 86 – 97 % в зависимости от вида бурения и схемы расположения скважин. Исследования также показали, что закачивание в скважину тумана из капель воды, и закачивание пены также снижает концентрацию пыли на 91 – 96 %. Но небольшое относительное снижение концентрации пыли по сравнению с традиционным мокрым бурением с использованием воды не окупает увеличение затрат при использовании этих способов.



Рисунок 5.17. Схема движения воды при мокром бурении скважин и шпуров ручными перфораторами

Сухое пылеулавливание предусматривают обычно в несколько стадий: улавливание крупной буровой мелочи; грубодисперсной и тонкодисперсной пыли (менее 10 мкм).

За время эксплуатации станков шарошечного и ударно-вращательного бурения было разработано несколько десятков одно-, двух-, трех- и четырехступенчатых

пылеулавливающих установок, состоящих из узла отсоса запыленного воздуха от устья скважины (укрытия), пылеулавливающих аппаратов, вентилятора и системы воздуховодов. По принципу улавливания пыли на последней ступени очистки они подразделяются на установки с гравитационным, инерционными, поглощающими и пористыми пылеуловителями. Пылеулавливающие установки могут включать как сухие, так и мокрые пылеуловители. На рисунке 5.18 показана типичная сухая пылеулавливающая система, используемая при бурении скважин различного диаметра. Пыль попадает в воздух при продувке скважины сжатым воздухом (для удаления разрушенной породы), который подается через полые буровые трубы к буровой коронке.

При нормальной работе разрушенная порода и пыль попадают в укрытие, которое закрывает место входа буровых труб в породу. А запыленный воздух удаляется из укрытия отсасывается и направляется в пылеуловитель. Вентиляционная система включает в себя вентилятор и тканевый фильтр, регенерация ткани в котором обычно осуществляется импульсной продувкой сжатым воздухом через определенные интервалы времени. При этом уловленная пыль сбрасывается в бункер пылеуловителя. Снижение концентрации пыли может достигать 95 % при исправном состоянии и правильном использовании.

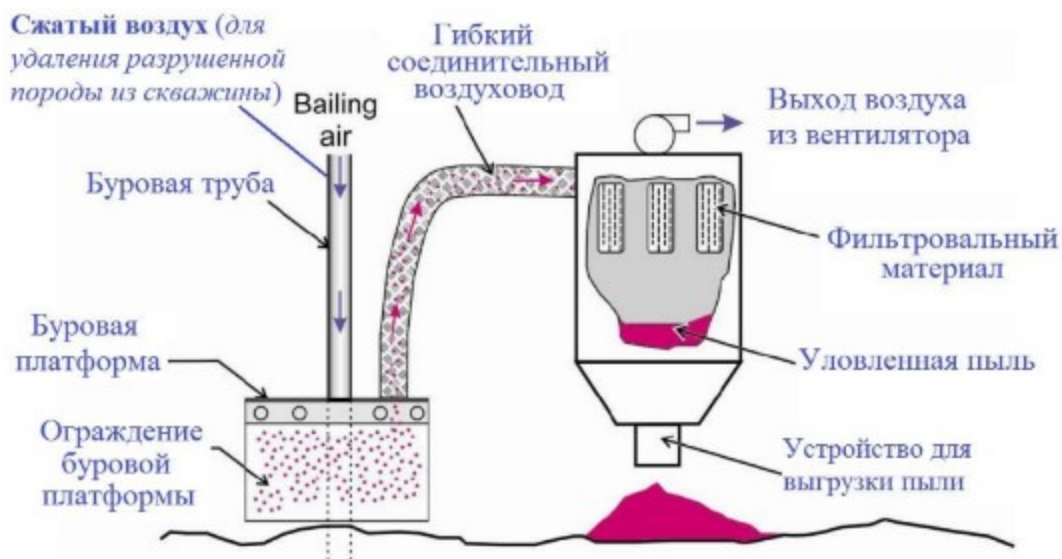


Рисунок 5.18. Схема пылеулавливающей установки

Для предотвращения выбросов пыли необходимо обеспечить оптимальное отношение расходов воздуха – отсасываемого вентиляционной системой и сжатого, подаваемого для удаления разрушенной породы. Обычно отношение расходов отсасываемого воздуха к подаваемому сжатому составляет до 3:1. Но при работе

фильтров при обычной запыленности чаще всего встречается отношение 2:1. Установлено, что наибольшее снижение концентрации пыли получается при увеличении отношения расходов с 2:1 до 3:1, а при увеличении до 4:1 концентрация пыли становится еще ниже.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

Нет данных.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан. Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ.

### **5.2.3.3. Оснащение буровой техники средствами эффективного пылеподавления и пылеулавливания**

#### **Техническое описание**

При бурении поверхностных скважин большого и среднего размера с помощью буровых установок на гусеничном ходу можно эффективно уменьшить запыленность воздуха с помощью горизонтальных полок, влияющих на движение воздуха в укрытии. Использование таких полок может позволить снизить запыленности у любой большой буровой установки, у которой минимальный размер укрытия не меньше 1,2 на 1,2 м. Полки шириной 15 см устанавливаются в укрытии по периметру ограждения. Они предназначены для уменьшения выноса пыли из укрытия во время работы буровой установки.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Оснащение буровой техники средствами эффективного пылеподавления и пылеулавливания позволяет снизить выбросы в атмосферу пыли неорганической, в том числе наиболее опасной для окружающей среды мелкодисперсной.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

При бурении и использовании обычного ограждения воздух движется в нем так, как показано на рисунке 5.19 слева, и он определяется движением продувочного воздуха и влиянием вытяжки. Продувочный воздух движется (вверх) от отверстия скважины через среднюю часть ограждения (на уровне полок), сохраняя направление движения вдоль буровой трубы к нижней поверхности буровой платформы. У нижней поверхности буровой платформы за счет эффекта Коанда (струя текущей жидкости или газа склонны "прилипать" к поверхности, с которой они встретились). Струя загрязненного воздуха выходит из скважины, движется вверх до площадки буровой платформы, расходится в стороны веером по нижней стороне площадки буровой

платформы, и по достижении ее краев движется вниз вдоль стенок ограждения. Все это движение происходит при большой скорости. Вынос пыли из укрытия в месте его контакта с поверхностью уступа происходит при столкновении потока воздуха с ней и последующего вытекания из укрытия через зазор между ограждением и землей.

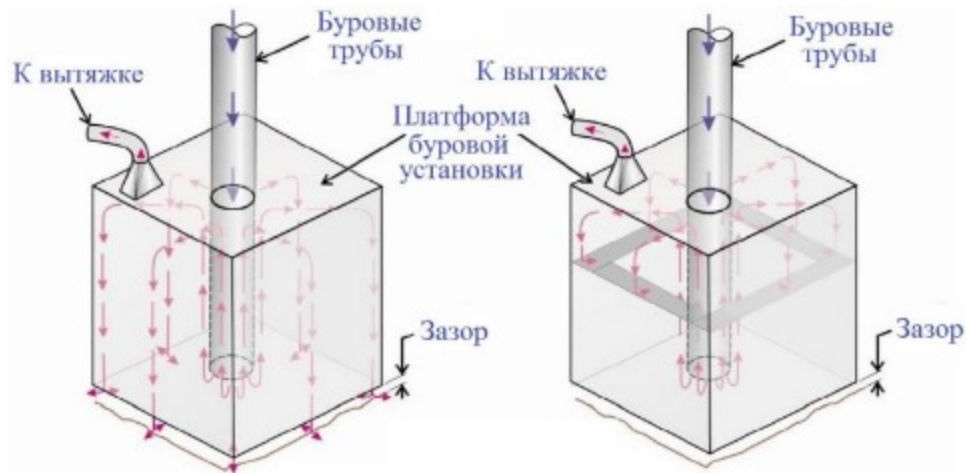


Рисунок 5.19. Модель движения воздушно-пылевой смеси в укрытии при использовании полок

Полка шириной 15 см, установленная по периметру ограждения, нарушает (описанный выше) характер движения воздуха. Она перенаправляет поток воздуха к центру укрытия так, что поток загрязненного воздуха не сталкивается с поверхностью земли (рисунок 5.19, справа). Такое изменение направления движения загрязненного воздуха уменьшает его вытекание из-под укрытия наружу.



Рисунок 5.20. Отклоняющие пылевой поток полки в ограждении

На рисунке 5.20 показаны полки, установленные на буровой установке при проведении испытаний. Полки сделали из полос конвейерной ленты шириной 15 см и закреплены болтами на металлических уголках размером 5 см. Эти уголки были прикреплены болтами к ограждению укрытия по его периметру. Для полной герметизации внутреннего пространства была добавлена дверца (кусочек резины), закрывающая отверстие для доступа к внутреннему пространству извне (дверца не показана). Полки установили примерно посередине (по вертикали) между верхней частью ограждения и поверхностью земли. Измерения в производственных условиях во время работы буровой установки показали, что при использовании данного способа концентрация пыли уменьшается на 66 – 81 %.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Выгрузка уловленной пыли (из пылеуловителя) дает до 40 % от всей запыленности техники.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимы.

#### **Экономика**

Трудозатраты на изготовление и установку полок ограждения.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.3.4. Сокращение пылегазовыделения при взрывных работах за счет технологических, организационных и инженерно-технических мероприятий**

#### **Описание**

Методы, техники или их совокупность для предотвращения неорганизованных выбросов при проведении взрывных работ.

Массовый взрыв на разрезе является мощным периодическим источником выброса в атмосферу большого количества пыли и газов. Вредные примеси выделяются в атмосферу в виде пылегазового облака. Часть вредных газов (около одной трети) остается во взорванной горной массе и затем выделяется в атмосферу, загрязняя район взорванного блока и прилегающие к нему участки. Выделившаяся пыль, выпадая из пылегазового облака, оседает на уступах, на площадях около разреза и в близлежащих поселках, являясь в дальнейшем источником пыления.

#### **Техническое описание**

Интенсивность пылегазообразования при ведении взрывных работ на разрезах и шахтах зависит от многих факторов, к основным из которых следует отнести физико-механические свойства горных пород и их обводненность, ассортимент применяемых ВВ, типы используемых забоечных материалов, методы взрывания (на подобранный откос уступа или в зажатой среде), время производства массового взрыва, метеоусловия на момент массового взрыва и др.

Большое влияние на выбор способов и средств пылеулавливания и пылеподавления оказывают свойства пыли: плотность частиц, их дисперсность, адгезионные свойства, сыпучесть пыли, смачиваемость, абразивность, гигроскопичность и растворимость частиц, электрические и электромагнитные свойства, способность пыли к самовозгоранию и образованию взрывоопасных смесей с воздухом.

Сокращение пылегазовыделения при взрывных работах осуществляется за счет технологических, организационных и инженерно-технических мероприятий.

К технологическим мероприятиям относятся:

уменьшение количества взрывов путем укрупнения взрывных блоков;

использование в качестве ВВ простейших и эмульсионных составов с нулевым или близким к нему кислородным балансом;

частичное взрывание на "подпорную стенку" в зажиме.

К организационным мероприятиям относятся:

внедрение компьютерных технологий моделирования и проектирования рациональных параметров буровзрывных работ;

проведение взрывных работ в оптимальный временной период с учетом метеоусловий;

использование рациональных типов забоечных материалов, конструкций скважинных зарядов и схем инициирования.

Инженерно-техническими мероприятиями являются:

орошение взрываемого блока и зоны выпадения пыли из пылегазового облака водой, пылесмачивающими добавками и экологически безопасными реагентами;

применение установок локализации пыли и пылегазового облака;

применение технологий гидрообеспыливания (гидрозабойка взрывных скважин и шпуров, укладка над скважинами емкостей с водой);

проветривание горных выработок;

использование зарядных машин с датчиками контроля подачи взрывчатых веществ;

использование естественной обводненности горных пород и взрывааемых скважин;

использование неэлектрических систем инициирования для ведения взрывных работ в подземных условиях.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Использование перечисленных техник, как по отдельности, так и в совокупности позволяет достигнуть значительного снижения выбросов в атмосферу пыли неорганической и уменьшить объемы выбросов оксида азота NO, диоксида азота NO<sub>2</sub> и оксида углерода CO, снизить перерасход ВВ, дизельного топлива и бурового инструмента, уменьшить объем образования отходов.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**



К технологическим мероприятиям относят способы управления действием взрыва. Высокая интенсивность пылегазообразования при взрывных работах обусловлена тем, что энергия ВВ, как правило, расходуется нерационально. При обычном взрывании лишь 6 – 7 % потенциальной энергии ВВ расходуется на отрыв и дробление горной массы. Отмечается сильное проявление бризантного действия ВВ, сопровождающееся глубоким дисперсионным изменением больших по размерам зон разрушаемого массива, которые являются мощными очагами пылеобразования. Недоиспользование энергии взрыва сопровождается неполным сгоранием ВВ и, как следствие, образованием большого объема газов. Сущность управления действием взрыва сводится к увеличению используемой доли потенциальной энергии взрыва ВВ. Эта цель достигается: увеличением времени действия на массив и направлением сил взрыва на выполнение полезной работы. К этим мероприятиям относят:

на взрывание высоких уступов, как показала практика расконсервации юго-западного борта карьера "Мурунтау", ведет к уменьшению количества взрывов путем укрупнения взрывных блоков, например, за счет взрывания высоких уступов (от 30 м и более), что способствует уменьшению в 1,25 раза высоты пылегазового облака и уменьшению образования оксидов азота. Впервые взрывание высоких уступов в зажатой среде в условиях железорудных карьеров Кривбасса (Украина) было осуществлено на ЦГОКе и ЮГОКе. Впоследствии оно было внедрено и на других горно-обогачительных комбинатах бассейна. Переход на 15 – 20 % количества окислов азота, выбрасываемых в атмосферу. Увеличение в этом случае степени полезного использования энергии взрыва способствует уменьшению зоны переизмельчения (пластических деформаций) и, как следствие, снижению высоты пылегазового облака, т. е. количества выбрасываемой пыли. Высота подъема пылегазового облака зафиксирована в 1,2 раза меньшей по сравнению с методом взрывания 10 – 15-метровыми уступами. Концентрация пыли в атмосфере карьера при взрывании 10 – 15-метровыми уступами составила  $3300 \text{ мг/м}^3$ , а при взрывании тех же пород 20 – 30-метровыми уступами концентрация пыли снизилась в 1,3 – 1,4 раза.

применение взрывчатых веществ с кислородным балансом с нулевым или близким к нему кислородным балансом (граммонит, игданит и др.), что будет способствовать уменьшению (до 2 – 9 раз) количества образующихся вредных газов при взрывах в любых горнотехнических условиях. В частности, экспериментальными замерами установлено, что при взрывании простейших (игданит и т.п.) и эмульсионных взрывчатых веществ происходит значительно меньшее загрязнение окружающей среды, чем при взрывании промышленных тротилосодержащих ВВ. Так, например, при взрыве 1 кг гранулола в атмосферу карьера выделяется порядка 200 л, а при взрыве 1 кг граммонита 79/21 – порядка 100 – 140 л ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода. Аналогичным образом объем ядовитых газов при взрывании

простейших и эмульсионных ВВ оказывается значительно меньшим и составляет 30 – 50 л/кг.

взрывание на необрунную горную массу, т. е. на подпорную стенку из ранее разрушенной горной массы. При взрывании в зажатой среде процесс трещинообразования происходит более равномерно по всему массиву, так как трещины, расположенные вблизи заряда, полностью не раскрываются и практически не препятствуют распространению поля напряжений к удаленным точкам.

Ширина подпорной стенки должна быть не менее 20 м. При ширине подпорной стенки до 20 – 30 м резко сокращается или вообще не образуется вторичное пылегазовое облако (отсутствие пылевыделения со стороны развала) и на 2 – 3 ч после взрыва на нижней отметке взорванного уступа сокращается время снижения концентрации СО до предельно допустимого уровня.

Таблица 5.2. Влияние подпорной стенки на показатели взрывания пород

№ п/п	Крепость пород, f	Ширина подпорной, м	Ширина развала, м	Процентное содержание фракций с размером куска, мм		
				< 200	201 – 400	400 > 400
1	2	3	4	5	6	7
1	13 – 15	0	35 – 40	66,0	13,3	20,7
		15 – 20	17 – 19,5	70,5	19,8	9,7
2	12 – 14	20 – 30	6 – 15	72,1	18,3	9,6
3	10 – 12	30 – 35	0 – 5	75,3	16,5	8,2

В условиях одного самых крупных в мире золоторудных карьеров "Мурунтау" были проведены экспериментальные взрывы по установлению влияния условий взрывания (в зажатой среде и на свободную поверхность уступа) на объем пылегазового облака. Для фиксации процесса формирования облака во времени была использована скоростная киносъемка.

Взрываемые породы были представлены кварцево-слюдистыми сланцами крепостью  $f=9 - 10$ . Половина блока взрывалась на подобранный забой, другая часть – на подпор из ранее взорванной горной массы. Объем экспериментального блока составил 115 тысяч м<sup>3</sup>, сетка скважин – 7х7 м, средняя высота уступа – 10,5 м, переbur – 2 м, в качестве ВВ применялся гранулит С-6М. Схема взрывания – диагональная с интервалом замедления между рядами – 35 мс.

Расшифровка данных кинограмм показала, что формирование пылегазового облака на участке блока с подобранным забоем уступа закончилась к 5 – й секунде. При этом формирование облака наблюдается не только за счет выбросов из верхней части площадки уступа, но и за счет взметывания пыли с нижнего горизонта под действием газов взрыва, прорвавшихся из откоса уступа и формирования развала из пород



бокового откоса уступа. Высота подъема пылегазового облака в этом случае составила 320 м, его объем – 3.8 млн м<sup>3</sup>. На участке взрываемого блока в зажатой среде формирование облака закончилось за 3 с, высота его подъема была равна 280 м, а объем – 2.6 млн м<sup>3</sup>. Снижение объема пылегазового облака произошло за счет отсутствия выбросов пыли из боковой поверхности уступа, а также падений кусков породы на его нижнюю площадку.

При взрывании в зажатой среде уступов различной высоты данными скоростной кино съемки установлено отсутствие пылеобразования, как правило, в направлении формирования развала взорванных пород, что снижает объем пылегазового облака на 30 – 35 %.

Экспериментальными замерами установлено, что концентрация пылевидных частиц в момент массового взрыва изменяется во времени следующим образом: в начальный момент взрыва на карьере достигает значений – 2500 мг/м<sup>3</sup>, через 30 минут – 850 мг/м<sup>3</sup>. Содержание пылевых частиц размером до 1,4 мкм на расстоянии до 100 м от взрываемого блока составляет 56 %, а размером более 60 мкм – только 2,3 %. На расстоянии 500 м от взрываемого блока содержание частиц пыли до 1,4 мкм составляет более 84 %, а частиц крупнее 60 мкм – 0,3 %. Это обусловлено тем, что под действием сил гравитации крупные фракции из облака осаждаются на поверхность уступа в более ближней от места взрыва зоне.

Организационные мероприятия включают:

внедрение компьютерных технологий моделирования и проектирования рациональных параметров буровзрывных работ (смотреть 4.2.).

Данные программные комплексы позволяет решать следующие задачи:

1) проектирование буровзрывных работ, включающее в себя расчет необходимых параметров БВР (массы скважинного заряда, конструкции заряда, расстояния между скважинами в ряду и рядами скважин и т. д.);

2) прогнозировать траекторию разлета и развала горной массы;

3) прогнозировать гранулометрический состав взорванной горной массы при проектировании, сравнивать с фактическим результатом, и производить дальнейшую корректировку параметров БВР;

4) прогнозировать скорость смещения грунта в основании охраняемых объектов;

5) производить расчет безопасных расстояний.

Перенос времени взрыва на период максимальной ветровой активности (например, для карьеров Кривбасса это 12 – 13 ч), что способствует сокращению времени проветривания карьеров на 15 – 20 %. Практика показывает, что производство массового взрыва в разрезе предпочтительно производить в период максимальной ветровой активности. Для условий карьера "Мурунтау" этот период приходится на временной промежуток между 12 – 13 часами дня. Однако по технологическим

условиям, ограничениям и производственной необходимости время выполнения взрывных работ в разрезе назначено на 16 часов. В связи с этим использование только этого резерва должно уменьшить по предварительным подсчетам запыленность атмосферы разреза после производства массовых взрывов в среднем на 15 – 20 %. Рассеивание же пылегазового облака при этом нужно осуществлять вентиляционными установками, создающими свободные водовоздушные струи, которые обеспечивают интенсификацию процесса газовой выделености с одновременным подавлением пыли.

Использование забоечного материала с минимальным удельным пылеобразованием (например, замена шламов хвостохранилищ, буровой мелочи и т. п. на мелкую щебенку или песчаноглинистую забойку, что способствует сокращению пылевыделения). Использование инертной забойки скважин не менее 16 %. Добавка различных нейтрализаторов в забоечный материал. К ним относятся известь-пушонка и неочищенная соль, обеспечивающие снижение образования ядовитых газов.

Инженерно-технические мероприятия включают:

для связывания пылевидных частиц предлагается производить обработку поверхности взрываемого блока химическими реагентами (спиртовая барда, растворы ПАВ и др.) и орошение зоны выпадения пыли из пылегазового облака водой или пылесмачивающими добавками из расчета 10 л воды на 1 м<sup>2</sup> площади орошения. В этом случае на поверхности блока образовывается "корка" толщиной 20 – 30 мм, которая коагулирует пылевидные частицы и, тем самым предотвращает их попадание в атмосферу при взрыве. Эти данные подтверждаются данными киносъемок и замерами концентрации пыли после производства взрывов на карьере "Мурунтау". В частности, уменьшается на 25 – 30 % выброс пыли в атмосферу карьера, на 15 – 20 % снижается высота подъема пылегазового облака. Зону орошения рекомендуется устраивать на расстоянии 50 – 60 м от границы взрываемого блока. Более точно расстояние от границы взрываемого блока (м), на котором выделяется пыль за счет взметывания ударной волной, находится расчетным способом. Кроме орошения водой взрываемый блок и прилегающие к нему участки покрывают пеной с использованием пеногенераторов. Толщина слоя пены на горизонтальных поверхностях составляет около 1 м на откосах 0,4 – 0,6 м.

подавление пыли, выделяющейся в атмосферу разреза с пылегазовым облаком, можно осуществить с помощью гидрозавес, создаваемых вентиляторами-оросителями, дальнеструйных установок, установками импульсного дождевания и др. установками пылеподавления. Этот способ заключается в том, что в воздушную струю, создаваемую установками искусственного проветривания, вводится вода, которая воздушным потоком разбивается на мелкие капли. При этом создается как бы объемный фильтр, в котором мелкие капли воды, соударяясь с витающими в воздухе пылинками, утяжеляют последние и падают вместе с ними на взорванную горную массу или

площадки и откосы разреза. Воздушное пространство обрабатывают до взрыва, в момент и после взрыва. Эксперименты в промышленных условиях показали, что благодаря предварительной обработке воздуха над местом массового взрыва образуется зона инверсии, которая препятствует выходу пылегазового облака за пределы разреза. При последующей работе вентиляторов-оросителей в течение 35 – 40 минут возможно полностью устранить опасное загрязнение пылью. Эффективность пылеподавления при использовании достигает 70 – 80 %.

Наряду с орошением осуществляется местное искусственное проветривание участков, прилегающих к взорванному блоку, что позволяет помимо пыли снизить концентрацию вредных газов, скопившихся в застойных зонах. Сокращение времени проветривания взорванных блоков возможно при интенсификации процесса газовыделения из развала горной массы. Для этого следует осуществить полив горной массы через 1 – 2 ч после взрыва с расходом  $50 \text{ л/м}^3$ . Полив горной массы позволяет интенсифицировать процесс газовыделения на 25 – 40 %.

Пылеподавление взвешенной в атмосфере горных выработок пыли осуществляют путем орошения водой и различными растворами с использованием различных технических средств: вентиляторов-оросителей, гидроионаторов, передвижных оросительных установок на пневмо- и рельсовом ходу. Также пылеподавление в рудничной атмосфере шахты, можно осуществить использованием генератора водяного тумана для снижения запыленности в забое при проведении взрывных работ. Использование такого способа показано на рисунке 5.21. Для работы генератора тумана используют сжатый воздух и воду, пропуская их через сопло. Форсунка устанавливается на расстоянии около 30 м от забоя, и подача тумана начинается перед взрывом, а прекращается через 20 – 30 минут после взрыва. Данный способ позволяет достаточно эффективно снижать концентрацию пыли в подземных условиях.

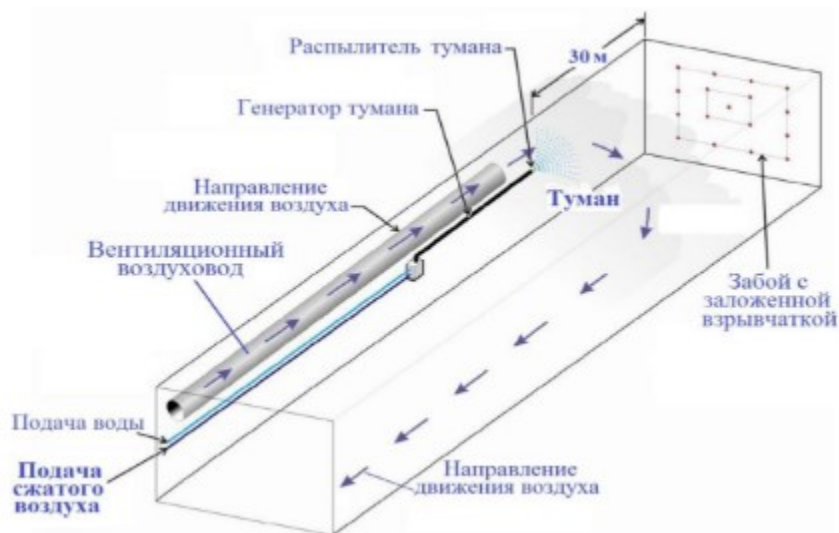


Рисунок 5.21. Генератор тумана, используемый для снижения пыли в забое

Другой способ уменьшения запыленности при проведении подземных взрывов, который стал использоваться позднее других – фильтрация загрязненного воздуха, удаляемого вентиляцией (рисунок 5.22).

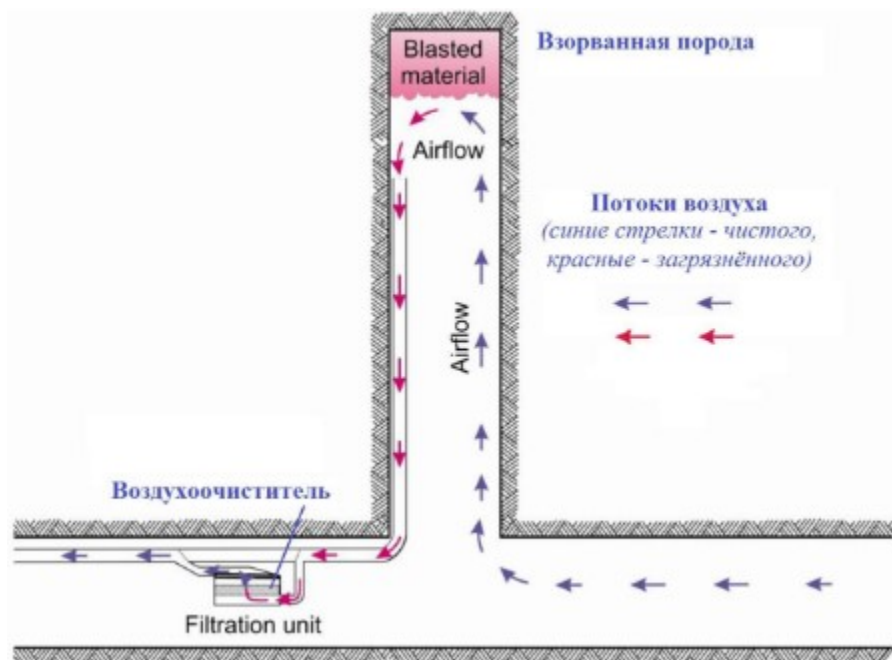


Рисунок 5.22. Воздухоочистительная установка, размещенная на сопряжении у устья выработки по ходу вентиляционной струи

Одна из таких вентиляционных установок, используемых на подземном руднике в ЮАР, включает в себя противоаэрозольный фильтр (для улавливания пыли) и слой сорбента из вермикулита, обработанного карбонатом натрия и калия (для улавливания соединений азота).

На рисунке 5.23. показан другой метод. Фильтры располагаются вне вентиляционной системы, на расстоянии 30 м от груди забоя и форсунка распыляет воду на них (направление распыления совпадает с направлением движения воздуха). Эти фильтры используются только во время взрыва, и диаметр воздуховода, в котором они располагаются, примерно в 2 раза больше диаметра вентиляционной трубы системы. Сравнительно недавно для тех же целей стали использовать сухие фильтры.

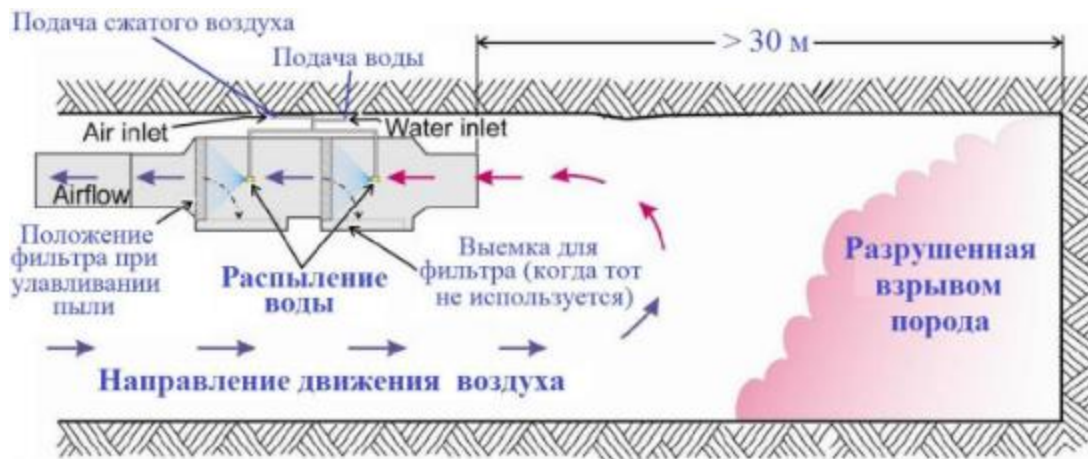


Рисунок 5.23. Воздухоочистительная установка, размещенная в забое выработки

применение водяной забойки (гидрозабойки), включающей три ее разновидности: внешнюю, внутреннюю и комбинированную.

процесс выполнения внешней гидрозабойки включает размещение над устьями скважин полиэтиленовых рукавов с водой диаметром 900 мм и более. Толщина полиэтиленовой пленки должна быть не менее 0,1 мм. Наполнение рукавов водой осуществляется с помощью поливочной машины, оборудованной гидронасосом. Высота слоя воды в уложенном рукаве составляет 200 – 230 мм. Каждая емкость взрывается специальным зарядом на несколько миллисекунд раньше основного заряда. При расходе воды  $0,001 - 0,0015 \text{ м}^3/\text{м}^3$  горной массы концентрация пыли в пылегазовом облаке сокращается на 20 – 30 %, а количество образующихся окислов азота уменьшается в 1,5 – 2 раза;

внутренняя гидрозабойка скважин представляет собой полиэтиленовый рукав, диаметр которого на 15 мм больше, чем диаметр скважины и длиной на всю ее неактивную часть. Такая конструкция позволяет снизить боковые напряжения на полиэтиленовый рукав. Толщина полиэтиленовой пленки должна быть не менее 0,2 мм. Для большей надежности следует применять полиэтиленовую пленку толщиной до 0,4 мм. Расход воды  $0,0009 - 0,001 \text{ м}^3/\text{м}^3$  горной массы. Внутренняя водяная забойка шпуров осуществляется помещением в них специальных ампул, наполненных водой или гелем (рисунок 5.24). При подземной добыче использование таких емкостей уменьшает концентрацию пыли на 40 – 60 %;



Рисунок 5.24. Типичная скважина, подготовленная к проведению взрыва

комбинированная гидрозабойка представляет объединение внешней и внутренней гидрозабойки скважин.

Эффективность гидрообеспыливания при взрыве заряда массой до 300 кг с помощью внешней гидрозабойки – 53 % (удельный расход воды 1,38 кг/м<sup>3</sup> горной массы), внутренней – 84,7 % (удельный расход воды 0,78 кг/м<sup>3</sup>), комбинированной – 89,4 % (удельный расход воды 1,04 кг/м<sup>3</sup>). При взрыве зарядов массой 450 – 620 кг эффективность внутренней гидрозабойки составляет 50,4 % (расход воды 0,46 кг/м<sup>3</sup>).

Сокращение пылевыделения в процессе взрыва возможно также за счет применения гидрогеля для внутренней гидрозабойки скважин (рекомендации Криворожского горнорудного института). Гидрогель включает: аммиачную селитру – 4 %, жидкое стекло – 8 %; синтетические жирные кислоты – 2 %, воду – 86 %. Для получения гидрогеля используется специальная установка. С целью повышения эффективности пылегазоподавления, снижения стоимости гидрогеля и предотвращения взаимодействия его с ВВ, в состав гидрогеля вводятся добавки минеральных солей, смыленных синтетических жирных кислот и парафина. Гидрогель изготавливают на специальном заправочном пункте или непосредственно в баках машины, предназначенной для заполнения скважин гидрогелем. Заправочный пункт – это стационарное сооружение, состоящее из двух бункеров с дозаторами и устройствами для подачи воды и гелеобразующих компонентов. Эффективность гидрогелевой забойки при ее высоте 2 – 4 м достигает 34 – 54 %.

В зимний период следует применять в качестве гидрозабойки водные растворы солей NaCl и CaCl<sub>2</sub>. В таблице 5.3 приведены рекомендации по расходу этих солей.

Таблица 5.3. Расход солей для гидрозабойки при отрицательных температурах воздуха

№ п/п	Соль	Количество соли (г) на 1 кг воды, для температур, °С							
		-5	-10	-15	-20	-25	-30	-40	-50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	NaCl	84	160	230	390	–	–	–	–



2	CaCl <sub>2</sub>	100	170	220	271	310	340	380	415
---	-------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Применение гидрозабойки затруднено в период отрицательных температур. В этих условиях возможно в качестве забоечного материала использовать снежно-ледяную забойку.

наиболее распространенный способ уменьшения концентрации пыли и газов в шахтах при проведении взрывных работ – их рассеивание и удаление вентиляционной струей, или их разубоживание в рудничной атмосфере. При производстве подземных горных работ и выдаче воздуха вентиляционным стволом на частицах пыли конденсируется влага, что способствует при движении газопылевого потока укрупнению частиц пыли и ее осаждению. Особенно сильно такое обеспыливание происходит при снижении температуры воздуха, когда на частицах пыли происходит конденсация паров воды с дальнейшей их коагуляцией и осаждением в центробежном циклоне. В процессе прохождения струи воздуха на подъем по стволу температура воздуха снижается на 0,9 °С при каждых 100 м. Соответственно, относительная влажность растет, в стволе возникает точка росы, и влага (каплями и туманом) захватывает пыль, копулирует ее. Увеличиваясь в массе, аэрозоль выпадает в зумпф, откуда по системе водоотлива удаляется из рудника. Таким образом наибольшим пылеочистным эффектом будет обладать глубокий ствол или шурф при высокой скорости воздуха и высоком влагосодержании воздуха (содержании как водяных паров, так и капельножидкой влаги). Пыль целиком локализуется внутри общешахтного пространства. Объясняется этот процесс адиабатическим расширением объема воздуха при выходе из глубины на дневную поверхность.

В настоящее время для механизации и оптимизации взрывных работ широко применяется смесительно-зарядные машины, предназначенные для отдельной транспортировки к местам производства взрывных работ невзрывчатых компонентов (эмульсии, аммиачной селитры, дизельного топлива и газогенерирующей добавки, загружаемых на заводе изготовления эмульсии или на стационарном пункте), изготовления из них в месте производства взрывов (карьеры, стройплощадки) промышленных ВВ и механизированного заряжения ими сухих и обводненных скважин диаметром не менее 90 мм при температуре окружающей среды от –40 °С до +40 °С. Технология заряжения для СЗМ подобного вида выглядит следующим образом. После опускания зарядного шланга в скважину включаются насосы, дозирующие эмульсию и газогенерирующую добавку, перемешивание которых осуществляется при прохождении через статический смеситель. Далее поток через барабан шлангоизвлекателя направляется по зарядному шлангу в скважину. При этом для снижения сопротивления перемещению ЭВВ по зарядному шлангу после статического смесителя перед входом в барабан в тракт подачи при помощи насоса впрыскивается раствор водяного орошения (или горячая вода), выполняющий роль смазки. Для

обеспечения сплошности колонки заряда необходимо синхронизировать производительность эмульсионного насоса, подающего ЭВВ в скважину, и скорость подъема зарядного шланга. При изготовлении в СЗМ смесевых ЭВВ в шнек, дозирующий аммиачную селитру, при помощи насоса через форсунки подается дизельное топливо, после чего АСДТ (смесь аммиачной селитры с дизельным топливом) в смесительном шнеке перемешивается с эмульсией, вышедшей из статического смесителя. Смесь АСДТ либо закачивается при помощи насоса в скважину по зарядному шлангу "под столб воды", либо подается в нее сверху при помощи подающего шнека.

На рынке присутствуют СЗМ различного типа, изготовленные как зарубежными компаниями ("Дино Нобель", ETI, MSI), так и российскими производителями (КНИИМ, НИПИГОРМАШ, ЗАО "Нитро Сибирь" и Белгородский завод сельскохозяйственного машиностроения). Эти машины работают на предприятиях АО "ССГПО", на угольных разрезах центрального и южного Кузбасса, в карьерах ОАО "Ураласбест", ОАО "Апатит", ГУП "Якутуголь", на Лебединском, Качканарском, Ковдорском ГОКах и других горных предприятиях.

Еще одна из техник состоит в применении системы устройств и методов передачи неэлектрического иницирующего импульса от первичного инициатора через ударно-волновую трубку к промежуточному неэлектрическому детонатору. Неэлектрические системы иницирования в сравнении с традиционными обусловлены более высокой надежностью, безопасностью и позволяют создавать схемы короткозамедленного взрывания зарядов с высокими возможностями управления энергией взрыва. Несмотря на то, что настоящая техника не имеет прямого экологического эффекта, она является наилучшей доступной технологией ведения горных работ и обеспечивает стабильную и надежную работу, снижая тем самым риск возникновения нештатных и аварийных ситуаций, последствия которых самым неблагоприятным способом сказываются на окружающей среде.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Значительная часть техник общеприменима, внедрена и широко применяется практически на всех горнодобывающих предприятиях Казахстана. Могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности. Масштабность и эффективность способов борьбы с пылевыделением связана с обеспечением ритмичной поставки необходимых жидкостей и химических реагентов на объект, а также наличием механизированных средств обработки поверхности взрывааемых блоков.

Гидрообеспыливание не применимо для процессов, в которых используются руды/концентраты, содержащие достаточное количество естественной влаги, чтобы предотвратить пылеобразование. Применение также ограничено в период отрицательных температур.



Пылеподавление растворами ПАВ, полимерными веществами, эмульсиями и другими химическими реагентами, создающими на поверхности материала корку, определяется экономической целесообразностью.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Большая часть техник не требует существенных капитальных вложений и носят организационный характер.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.4. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов при процессах проведения выработок и добычи угля подземным способом**

Образование пыли происходит главным образом при производственных процессах, связанных с разрушением угля и вмещающих пород, и зависит не только от способа разрушения, но и от природных пылеобразующих свойств угольного пласта. Так, в зависимости от марки угля и степени тектонической нарушенности пласта до 14 % пыли уже содержится в пласте в трещинах и препарированных пачках пласта. Пылеобразование также имеет место при погрузке, транспортировании, перегрузке, выгрузке горной массы, передвижке крепи и других процессах, связанных с истиранием горной массы при ее перемещении.

В шахтах наиболее распространены следующие способы борьбы с образованием пыли и пылевого облака: орошение источников пылеобразования; предварительное увлажнение угольного массива; промывка шпуров при их бурении; применение пены для связывания пыли; сухое пылеулавливание; обеспыливающая вентиляция; индивидуальные средства защиты от пыли.

#### **5.2.4.1. Пылеподавление в очистном и подготовительном забое**

##### **Техническое описание**

К техникам, обеспечивающим снижение воздействия на атмосферный воздух при добыче угля подземным способом, относится – предварительное увлажнение угольного массива с использованием пылеподавляющих установок (стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки, водяные оросители, водовоздушные эжекторы, пенообразователи). Данная НДТ применяется на этапе выемки угля из очистного забоя.

Предварительное увлажнение пласта угля в массиве является одним из наиболее эффективных средств борьбы с пылью в очистных забоях. Для этой цели в пласте угля по всему забою бурят шпуры или скважины. При этом величина увлажнения угольного массива выемочного столба может быть равна его суточному или недельному подвиганию. Следовательно, длина шпуров или скважин может составлять от 1,5 до 90

м. В шпурь или скважины нагнетается вода под давлением от 5 до 130 атм. и более. В зависимости от фильтрационных свойств угольных пластов предварительное увлажнение подразделяется на высоко- и низконапорное. [22] Высоконапорное нагнетание жидкости в угольный пласт осуществляется насосными установками через скважины (шпурь), пробуренные из подготовительной выработки или очистного забоя. Низконапорное увлажнение заключается в том, что угольный массив увлажняется водой под давлением, создаваемым в шахтной магистрали за счет разницы геодезических отметок поверхности шахты и места нагнетания воды. Низконапорное увлажнение эффективно при высокой проницаемости пластов за счет капиллярного насыщения массива и заполнения жидкостью мелких трещин. Для повышения эффективности предварительного увлажнения применяются ПАВ, которые снижают поверхностное натяжение воды и ускоряют процесс проникновения жидкости в трещины и поры угля. Наибольшее применение получили неионогенные ПАВ-ДБ (смачиватель ДБ состоит из смеси продукта обработки дитретичных бутилфенолов окисью этилена), ОП, интанол и неонол. Рекомендуются следующие рабочие концентрации ПАВ: ДБ 0,1 – 0,2 %; интанол – 0,05 %; неонол – 0,05 %.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Увлажнение угля позволяет снизить выбросы в атмосферу пыли неорганической, в том числе наиболее опасной для окружающей среды мелкодисперсной. Увлажнение угля способствует росту адгезионно-когезионных сил между поверхностями пылевидных частиц и образованию из них крупных агрегатов, быстро осаждающихся из воздуха под действием силы тяжести.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Увлажнение угля в массиве таким способом снижает запыленность воздуха на 50 – 80 %. Использование ПАВ позволяет повысить эффективность обеспыливания воздуха на 10 – 30 %. Установлено, что увеличение влажности угля на 1 – 3 % приводит к снижению пылеобразования на 75 – 80 %. При влажности угля более 12 % пылеобразование практически отсутствует.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Применение добавок к воде при предварительном увлажнении угольного пласта приводит к образованию загрязненных сточных вод, которые требуют очистки. Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменима. Образование загрязненных сточных вод от ПАВ может ограничивать возможность применения данной технологии.

#### **Экономика**

Предварительное увлажнение дает экономический эффект за счет ослабления массива угля (на 20 – 40 %), снижения газообильности забоев (на 10 – 20 %) и снижения склонности угля к самовозгоранию.

## **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.  
Экономическая эффективность подземных горных работ.

### **5.2.4.2. Пылеулавливание и орошение пылящих поверхностей для связывания пыли**

#### **Описание**

Эффективность предварительного увлажнения угольного массива не превышает 80 %. Поэтому для снижения пылепоступления в угольных шахтах применяют следующие способы пылеулавливания и различные виды орошения:

отсос запыленного воздуха от места пылеобразования, отвод и выброс его без очистки вдали от рабочих мест;

отсос запыленного воздуха из-под укрытий источников пылеобразования с последующей очисткой его в специальных устройствах и отсос запыленного воздуха высокопроизводительными установками с очисткой его в специальных камерах;

орошение горной массы через насадки и форсунки, пневмогидроорошение, туманообразование и водовоздушное эжектирование.

#### **Техническое описание**

Данная техника применяется в целях пылеулавливания и связывания пыли и снижения негативного воздействия на атмосферный воздух.

При проведении мелкошпурового пневматического бурения, промывка скважин водой может уменьшить количество пыли в 10 – 15 раз.

Для предупреждения взрывания пыли, осевшей на бортах и кровле выработок, применяют специальные уборочные машины, для обмывания стенок выработок водой – специальный агрегат, для связывания пыли на стенках выработок – специальные растворы, например, хлористого кальция.

Орошение с подачей воды широко используется в очистных забоях при работе комбайнов, врубовых машин, отбойных молотков в лавах крутопадающих пластов. Добавление к воде ПАВ ДБ в количестве 0,1 – 0,2 % улучшает смачиваемость пыли, и концентрации ее снижаются в некоторых случаях в 6 – 7 раз.

Для условий добычи угля длинными лавами средства пылеподавления должны предусматриваться по цепочке: комбайн – механизированная крепь – лавный конвейер – перегружатель – участковый конвейер – транспортная общешахтная система (рисунок 5.25). При этом необходимо отметить, что борьба с пылью на современных комплексах предусматривает применение специальных шнеков и режимов резания, минимизирующих образование фракций угля 0 – 1 мм, одновременно с комплексным традиционным пылеподавлением при помощи распыленной воды и аспирационного пылеудаления. Значительная часть воды, подаваемой в пределы выемочных участков, используется первоначально на технологические цели (охлаждение силовых агрегатов) с последующей подачей на форсунки в системы орошения. [59]

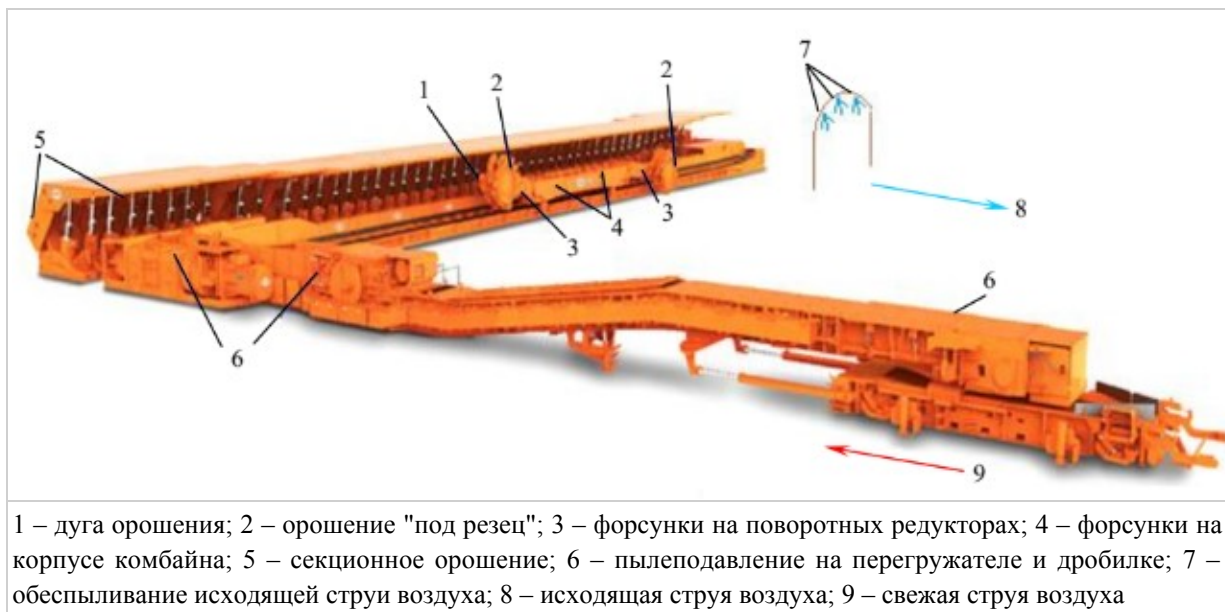


Рисунок 5.25. Объемная схема интегрированной системы орошения (на примере JOY 7LS)

Повышение степени пылеподавления при работе комбайна увеличением давления воды, подаваемой в форсунки, до 15 атм., достигается включением в комбайн специального насоса.

В настоящее время на угольных шахтах применяют пылеотсасывающие установки или скрубберы. Пылеотсасывающие установки располагают на проходческих комбайнах или в горных выработках. Скрубберы встраивают в единую систему с проходческим вентилятором или располагают отдельно. К мероприятиям по отведению пыли из горных выработок также относится вентиляционное обеспыливание. Ее действие достигается при применении рациональных схем проветривания и установки оптимальной скорости движения потока воздуха. Для очистных выработок она будет составлять от 1,2 м/с до 2 м/с, для подготовительных выработок – порядка 0,4 – 0,6 м/с. Все современные проходческие комбайны имеют конструктивные решения, позволяющие установить на них пылеотсасывающие системы. Например, у проходческого комбайна Sanvik MB670-1LN пылеотсасывающая система устанавливается сверху (рисунок 5.26). Забор части воздуха осуществляется в верхней части в непосредственной близости от плоскости забоя. Так же возможно размещение пылеотводящих патрубков в нижней части с двух сторон проходческого комбайна. [60]

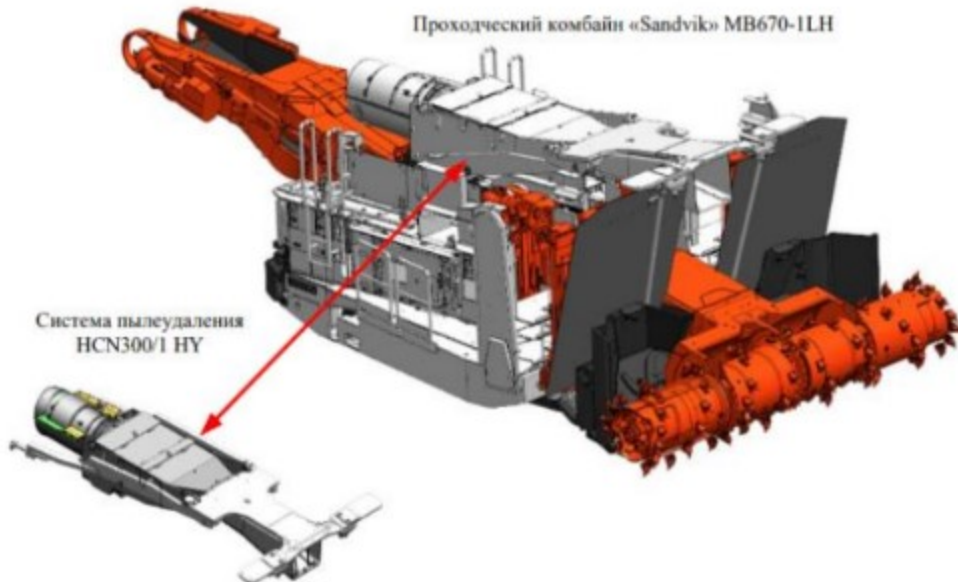


Рисунок 5.26. Система встроенного пылеудаления проходческого комбайна Sandvik MB670-1LH

Для осаждения пыли из воздуха после взрыва шпуров, а также при спуске угля на крутых пластах применяются водяные оросители или туманообразователи. Для пылеподавления после взрыва шпуров они устанавливаются в штреке на расстоянии 8 – 12 м и 20 – 30 м от забоя. Оросители приводят в действие до взрыва шпуров и прекращают их действие через 30 – 40 минут после взрыва. Водные завесы, состоящие из форсунок, должны действовать в течение всего времени выемки угля в лаве или другого технологического процесса, сопровождающегося пылевыделением. Отключение завесы допускается лишь в ремонтно-подготовительные смены. Водяные аэрозоли достаточно эффективно способствуют осаждению пыли из воздуха и препятствуют распространению ее по выработкам.

При бурении шпуров и скважин по горной массе основным способом пылеподавления является промывка. Вода подается по осевому каналу буровых штанг через отверстия в буровой коронке непосредственно в зону разрушения. При работе перфораторов и буровых станков применяется осевая подача воды через канал в корпусе и штанге и боковая – через муфту на штанге, а при работе пневмо-электросверл – только боковая промывка. При невозможности промывки при бурении шпуров допускается орошение устья шпура.

Орошение при помощи туманообразователей применяется главным образом для предупреждения распространения пыли по шахте. Форсуночное орошение может применяться при машинной погрузке породы в забоях, при загрузке вагонеток углем из люков, в местах перегрузки с конвейера на конвейер, при опрокидывании вагонеток в бункер. При использовании для очищения воздуха водовоздушных эжекторов

происходит подавление пыли диспергированной водой, а также очистка воздуха от взвешенной пыли, если обеспечивается его протяжка через эжектор. Принцип работы водовоздушного эжектора заключается в том, что за счет разряжения, создаваемого водяным факелом форсунки, отсасывается запыленный воздух, образующий с диспергированной водой шламовидную смесь, которая в свою очередь направляется на подавление пыли. Водовоздушные эжекторы применяются, в частности, для пылеподавления при передвижке секций механизированной крепи.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Эффективность пылеподавления 70 – 98 %.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

При оптимальном режиме работы оросителей в процессе добычи угля подземным способом эффективность пылеподавления данным способом достигает 70 – 98 %.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменима. Эффективность определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью.

#### **Экономика**

Нет данных.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан. Снижение выбросов неорганической пыли. Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ.

### **5.2.4.3. Обеспыливающее проветривание**

#### **Техническое описание**

Обеспыливающее проветривание производится вентиляционными установками местного проветривания или вентиляторно-оросительными установками. Пылеподавление пеной широко используется при очистных работах, а также при транспортировке горной массы ленточными конвейерами. [22] Способ характеризуется тем, что связывание и коагуляция пыли осуществляются в воздушном потоке аэрозоля, включающего воздушнонаполненные водные (98 %) пены высокой кратности, в состав которых входит ПАВ, представленное глицерином (0,2 – 0,4 %), а в качестве стабилизатора – олеиновой кислотой (0,8 – 1,2 %) и содой каустической (0,4 – 0,6 %), а пылеподавление осуществляется выдуванием раствора через сопла форсунки на запыленные поверхности. [61] При этом используется специальное оборудование типа СПП (пеногенератор/пенообразователь, стволы воздушно-пенные, соединительная арматура).

### **Достигнутые экологические выгоды**

Использование перечисленных техник позволяет достигнуть значительного снижения выбросов в атмосферу пыли.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Эффективность пылеподавления может достигать 90 – 98 %.

### **Кросс-медиа эффекты**

Применение данной техники пылеподавления приводит к образованию загрязненных сточных вод, которые требуют очистки.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью.

### **Экономика**

Нет данных.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан. Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ.

## **5.2.4.4. Управление содержанием метана в горных выработках**

### **Техническое описание**

Данная НДТ применяется на этапе вентиляции и дегазации при добыче угля подземным способом. НДТ предусматривает реализацию следующих мероприятий:

дегазация угольного пласта (опционально, в случае необходимости);

измерение концентрации метана в воздухе горных выработок;

измерение концентрации метана в воздухе вентиляционной струи на ее выходе на поверхность земли;

проветривание горных выработок для удаления метана и иных газов без их улавливания.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Техника позволяет достоверно измерять (рассчитывать) объем метана, выбрасываемого в атмосферу. Удаление метана из угольного пласта (дегазация) и горных выработок (проветривание) препятствует образованию взрывоопасных скоплений метана, повышая безопасность ведения горных работ.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Контроль концентрации метана в газовых шахтах должен осуществляться во всех выработках, где может выделяться или скапливаться метан.

Проветривание горных выработок шахты обеспечивается с помощью непрерывно работающих вентиляторных установок – вентиляторов главного проветривания (ВГП) и вспомогательных вентиляторных установок (ВВУ). За счет диффузии организуется

проветривание тупиковых горных выработок газовых шахт длиной до 6 м, а негазовых шахт – длиной до 10 м. При этом максимально допустимая скорость воздуха в лавах и тупиковых выработках не должна превышать 4 м/с, а в прочих горных выработках, проведенных по углю и породе, – не более 6 м/с. Очистные забои проветривают за счет общешахтной депрессии, создаваемой вентиляторами главного проветривания и вспомогательными вентиляторными установками. В качестве главных вентиляторов на шахтах применяют осевые и центробежные вентиляторы, обеспечивающие проветривание горных выработок всей шахты или ее части. Вспомогательные вентиляторные установки служат для проветривания выемочных участков и отдельных горных выработок шахты. Основные схемы вентиляции шахты – центральная и фланговая; их сочетание – комбинированная схема.

Для проветривания выработок применяют осевые и центробежные вентиляторы. При вентиляции горных выработок применяют гибкие и жесткие трубы из синтетических тканей, пластмасс и металла. Для проветривания обычно используют вентиляционные трубы диаметром 300 – 1000 мм.

Датчики метана предназначены для непрерывного мониторинга содержания метана в рудничном воздухе с точностью до  $\pm 0,2\%$  (при концентрации до 5 %). В зависимости от модификации датчики могут определять содержание в рудничном воздухе иных газов (оксид углерода, диоксид углерода, кислород, водород, датчики суммарной концентрации горючих газов).

Дегазационные установки устанавливаются в опасных по метану шахтах с целью отвода метана из скважин, пробуренных в угольный пласт, в сближенные угольные пласты и в выработанное пространство.

Осланцеватели применяются для искусственного озоления взрывчатой пыли, оседающей в подземных горных выработках, путем добавления к ней негорючей пыли. В качестве негорючей пыли используют измельченный сланец или известняк, который с помощью осланцевателей наносится на поверхности горных выработок.

Выбор оборудования для проветривания горной выработки производят в соответствии с результатом расчета вентиляции тупиковых выработок, учитывающего следующие факторы: метановыделение; необходимый уровень разбавления ядовитых газов после проведения взрывных работ; максимальное число работающих в забое людей; минимальную скорость движения воздуха по выработке; тепловой и пылевой режимы; мощность машин и оборудования.

### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью.



## Экономика

Нет данных.

## Движущая сила внедрения

Требования законодательства Республики Казахстан. Снижение концентрации взрывоопасных газов (главным образом метана). Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ.

### 5.2.4.5. Извлечение и утилизация метана угольных пластов

#### Техническое описание

Проблема безопасного и эффективного ведения горных работ на шахтах стала более актуальной в последнее время в связи с интенсификацией производственных процессов. Это привело к увеличению нагрузки на очистной забой и скорости его подвигания, при этом резко возросла газообильность выемочных участков и шахт. На выемочных участках применяются следующие способы удаления метана:

- вертикальные скважины с поверхности;
- предварительная пластовая дегазация;
- передовая пластовая дегазация;
- скважины в купола обрушения;
- дренажные скважины с парного на вентиляционный штрек;
- изолированный отвод метана из-за перемычки за счет дегазации;
- изолированный отвод метана из-за перемычки за счет общешахтной депрессии.

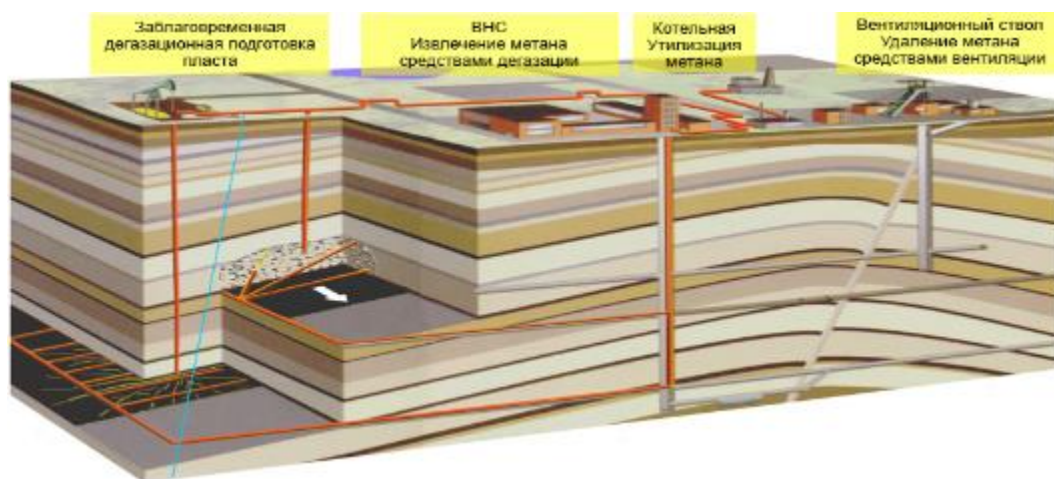


Рисунок 5.27. Технологическая схема извлечения и утилизации метана

Для дегазации выработанного пространства бурятся скважины в купола обрушения и газодренажные скважины с парного вентиляционного штрека, которые подключены к газопроводу. Общий съём данного способа доходит до  $10 \text{ м}^3$  в минуту.

Для снижения газообильности очистного забоя применяется также предварительная дегазация пласта.

Применение различных схем управления газовыделением позволяет иметь высокий коэффициент дегазации (60 – 80 %) и обеспечить высокую нагрузку на очистной забой и безопасность при отработке высокогазообильных выемочных участков.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Анализ результатов произведенных расчетов позволяет сделать следующие выводы: использование шахтного метана в качестве топлива позволяет существенно сократить массу выброса загрязняющих веществ в атмосферу воздуха. В том числе выброс диоксида азота сокращается на 40,3 т/год, оксида азота – на 6,5 т/год, оксида углерода – на 306,8 т/год и бенз(а)пирена – на 0,000273 т/год. При сжигании метана отсутствуют такие вредные выбросы, как зола и сажа, а также оксиды серы. Выбросы загрязняющих веществ сокращаются на 88,7 %. Значительное сокращение выбросов оксида углерода наблюдается благодаря использованию меньшего количества топлива и полному сгоранию газообразного топлива.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

В настоящее время, средствами дегазации в Карагандинском бассейне извлекается 100 – 120 млн м<sup>3</sup> метана в год. Для извлечения такого количества метана применяются комплексные способы дегазации, в т. ч.:

заблаговременная дегазационная подготовка выемочных полей с поверхности, скважинами ГРП. Съём метана составляет 4 – 6 м<sup>3</sup>/т., эффективность этого метода 20 – 25 %;

предварительная пластовая дегазация, съём метана составляет 1,0 – 2,0 м<sup>3</sup>/т., эффективность этого метода 10 – 15 %;

газодренажные штрека, съём метана составляет 40 – 70 м<sup>3</sup> в минуту, эффективность этого метода 35 – 65 %;

дегазационные вертикальные скважины с поверхности, съём метана составляет 15 – 30 м<sup>3</sup> в минуту, эффективность этого метода 20 – 40 %;

трубами из-за перемычек, съём метана составляет 5 – 15 м<sup>3</sup> в минуту, эффективность этого метода 5 – 20 %;

перфорированными трубами из выработанного пространства, съём метана составляет 2,0 – 5,0 м<sup>3</sup> в минуту; эффективность этого метода 5 %

скважинами, пробуренными из подземных горных выработок в купола обрушения выемочного забоя, съём метана составляет 5 – 15 м<sup>3</sup> в минуту, эффективность этого метода 5 – 20 %.

Каптируемый из угольных шахт метан в зависимости от величины содержания в нем метана возможно использовать в качестве:

топлива для выработки пара шахтными и поселковыми котельными и передвижными парогенераторами при выработке пара для отопления административных, промышленных и жилых зданий, для выработки электроэнергии на ТЭС;

топлива для газотурбинных установок при выработке электроэнергии в основном для нужд шахт;

моторного топлива для передвижных и стационарных карбюраторных и дизельных двигателей внутреннего сгорания в целях выработки электроэнергии, замены бензина в автомобильных двигателях, замены дизельного топлива в двигателях компрессоров;

сырья для химической промышленности при выработке сажи, метанола, белковой массы.

Объединение в единый комплекс процессов добычи и переработки топлива в электрическую и тепловую энергию открывает возможность существенного повышения экономической эффективности всего комплекса, позволяет улучшить экологическую обстановку, повысить безопасность. [62]

### **Кросс-медиа эффекты**

Затраты на бурение скважин, вакуум-насосные установки.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью.

На сегодняшний день в мире существует ряд проектов, где шахтный метан используется для производства электричества. Наибольшим опытом ведения подобных проектов обладают Австралия, Германия, Япония, Великобритания и США. За последние годы утилизация шахтного газа стала все больше применяться на шахтах в развивающихся странах, таких как Китай, Польша, Россия и Украина.

### **Экономика**

В Карагандинском бассейне накоплен значительный опыт использования метана. Экономическая эффективность по заблаговременному извлечению метана на примере шахты им. Ленина составила – 46 млн тенге, при затратах на 14 скважин ГРП – 6 млн тенге.

средствами дегазации 1 млн м<sup>3</sup> метана обеспечивает дополнительную добычу 22,5 тысяч тонн угля. Заблаговременный каптаж 20 млн м<sup>3</sup> метана обеспечит дополнительную добычу 450 тысяч тонн, что даже при 25 % вкладе дегазации приносит 18 млн тенге;

из скважин ГРП извлекаемый метан утилизировался на обогреве клетьевого ствола, что за три отопительных сезона обеспечило сжигание 1600 тысяч м<sup>3</sup> газа, эквивалентного 3 тысяч тонн угля стоимостью более 4 млн тенге. [62]

## **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.  
Экономическая эффективность подземных горных работ.

### **5.2.5. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях**

#### Описание

Методы или совокупность методов, применяемых для предотвращения неорганизованных выбросов в атмосферу при транспортировке сырья, а также погрузочно-разгрузочных операциях.

#### Техническое описание

К мерам, применяемым по предотвращению загрязнения окружающей среды при выемочно-погрузочных работах, транспортировке/перемещении сырья и материалов, относятся:

- оборудование эффективными системами пылеулавливания, вытяжным и фильтрующим оборудованием для предотвращения выбросов пыли в местах разгрузки, перегрузки, транспортировки и обработки пылящих материалов;

- применение предварительного увлажнения горной массы, орошение технической водой, искусственное проветривание экскаваторных забоев;

- применение стационарных и передвижных гидромониторно-насосных установок, на колесном и рельсовом ходу;

- применение различных оросительных устройств для разбрызгивания воды в зоне стрелы и черпания ковша экскаватора.

- организация процесса перевалки пылеобразующих материалов;

- пылеподавление автомобильных дорог путем полива технической водой;

- применение различных ПАВ для связывания пыли в процессе пылеподавления забоев и карьерных автодорог;

- укрытие железнодорожных вагонов и кузовов автотранспорта;

- применение устройства и установки для выравнивания и уплотнения верхнего слоя грузов при транспортировке в железнодорожных вагонах и др.;

- очистка автотранспортных средств (мойка кузова, колес), используемых для транспортировки пылящих материалов;

- применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы;

- проведение замеров дымности и токсичности автотранспорта и контрольно-регулирующих работ топливной аппаратуры;

- применение каталитических технологий очистки выхлопных газов ДВС.

Достигнутые экологические выгоды

Использование перечисленных техник позволяет достигнуть значительного снижения выбросов в атмосферу пыли неорганической и уменьшить объемы выбросов окислов азота и оксида углерода СО.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Для предупреждения пылевыведения на автодорогах и подавления пыли применяют следующие способы: орошение дорог водой; орошение растворами гигроскопических солей; обработку поверхности дорог различными эмульсиями. Пылеподавление водой является одним из наиболее распространенных мероприятий по снижению пылевой нагрузки на горнодобывающих предприятиях. Эффективность пылеподавления водой оросителями в зависимости от ветроустойчивости покрытия достигает до 95 %.

Обработка карьерных автодорог пылеподавляющими веществами заключается в подготовке полотна дороги и поверхностной его обработке. Бульдозером или автогрейдером производится уборка просыпей горной массы и выравнивание полотна дороги. Затем рыхлителями разрушается верхний укатанный слой покрытия на глубину 4 – 5 см. После этого обрабатывается пылеподавляющим веществом, которое наносится из перфорированной трубы поливочной машины самотеком во избежание образования в воздухе аэрозоля этого вещества. Расход пылеподавляющего вещества при первичной обработке 2,0 – 5,0 л/м<sup>2</sup>, при последующих обработках - 1,2 – 2,5 л/м<sup>2</sup>. Наиболее часто для полива автодорог используются поливочные машины на базе БелАЗ, КамАЗ. Забор воды на пылеподавление осуществляется из зумпфов-отстойников, находящихся внутри разреза и временного зумпфа-накопителя, расположенного на поверхности.

Мокрый способ рекомендуется применять в теплое время года с помощью поливомоечных машин, работающих в режиме мойки. На участках постоянных технологических автодорог со значительным водопритокком рекомендуется использовать стационарный оросительный водопровод с автоматическим управлением электрозадвижками подачи воды.

Сухой способ очистки дорог применяется в районах ограничения применения воды и в холодный период года. Очистка производится легкими или средними бульдозерами, автогрейдерами, универсальными фрезерными погрузчиками или снегопогрузчиками с лаповыми питателями. Уборку пыли на автодорогах с жесткими и промерзшими покрытиями рекомендуется производить подметально-уборочными машинами.

В зимнее время при отсутствии обычного снега возможно снижение запыленности с использованием искусственного снега, образуемого с помощью снегогенераторов. Пылеподавление искусственным снегом может осуществляться как путем воздействия на взвешенную в воздухе пыль, так и путем экранирования разрыхленной горной

массы посредством покрытия ее снегом перед экскавацией и погрузкой. Применение такой установки снижает запыленность воздуха в рабочей зоне экскаватора типа ЭКГ-8И на 96,5 %.

Для уменьшения пылеобразования на автодорогах с твердым покрытием необходимо своевременно убирать просыпи горной массы дороги, а также своевременно производить ее очистку от грязи, используя для этого поливочные и уборочные машины с металлическими щетками.

Для борьбы с пылеобразованием при использовании железнодорожного транспорта применяют закрепление поверхности транспортируемой горной массы пылесвязующими материалами, укрытие пленкой, а также увлажнение водой поверхностного слоя транспортируемого материала.

Переход на конвейерный транспорт позволит снизить неорганизованные выбросы перегрузочных пунктов, уменьшив их количество или вообще исключив, позволит снизить количество одновременно работающей погрузочной техники, снизить количество технологических поездов и эксплуатационные затраты на транспортировку горной массы. Применение данной технологии может позволить:

- снизить эксплуатационные затраты при транспортировке 1 тонн горной массы на 1 км более чем на 25 %;

- сократить себестоимость операций по транспортировке на 18 %;

- увеличить объемы перевозимой горной массы при снижении количества единиц техники;

- сократить объемы образования отходов (вскрыши) на 50 %;

- сократить объемы выбросов пыли на 33 %.

При конвейерном транспорте для предотвращения сдувания пыли воздушными потоками с поверхности транспортируемого материала применяют различные укрытия конвейеров, которые полностью закрывают рабочую и холостую ветви конвейера. Сокращение пылевыделения с холостой ветви конвейера осуществляют путем очистки ленты от налипшего материала. Пункты перегрузки с конвейера на конвейер оборудуют аспирационными укрытиями.

Одним из эффективных способов предупреждения пылевыделений при транспортировании конвейерным транспортом является увлажнение сыпучих материалов до оптимальной влажности. Повысить эффективность орошения и увлажнения можно за счет применения растворов ПАВ, например, 0,025 %-ного раствора смачивателя "Прогресс", 0,3 %-го раствора полиакриламида, 0,5 %-го раствора ДБ и др. Увлажнение материалов до оптимальной влажности позволяет в десятки раз уменьшить интенсивность пылевыделения и предотвратить срыв пыли с поверхности транспортируемого материала даже при значительной относительной скорости воздушного потока (до 6,5 м/с).

Почти на всех разрезах для снижения пылеобразования при погрузочно-разгрузочных работах применяется гидроорошение. Для этой цели используются гидроустановки на железнодорожной платформе, на шасси автосамосвалов. Установка на базе самосвала с цистерной емкостью 24 – 25 м<sup>3</sup> обеспечивает орошение навала горной массы на забоях трех экскаваторов. В гидроустановках используются водометные стволы различной конструкции, гидромониторы, а также пожарные стволы. В некоторых случаях в качестве водометного устройства используется агрегаты типа ДДН, применяемые в сельскохозяйственной дождевальная машине. При использовании гидромониторов с насадкой 25 мм, подключенных к водопроводной сети под давлением 4 – 8 атм запыленность снижается в 5 – 6 раз. При использовании пожарного насоса типа ПН-25 с пожарным стволом дальность струи достигает 50 – 60 м, а расход воды в пределах 95 – 140 м<sup>3</sup>/ч. При разгрузке горной массы, укладке в отвал пылеобразование можно снизить увлажнением водой с использованием передвижных или стационарных установок.

На обогатительной фабрике ПАО "Гайский ГОК" в корпусе среднего и мелкого дробления внедрена установка дисперсионной системы пылеподавления (УДС). Принцип действия УДС основан на распылении воды под действием сжатого воздуха, благодаря чему возможно разбиение капли воды до минимально возможных размеров (от 1 мкм). Такой поток влаги представляет собой, по сути, плотный туман, который "прибивает" пыль, за счет чего концентрация ее в воздухе снижается на 50 %.

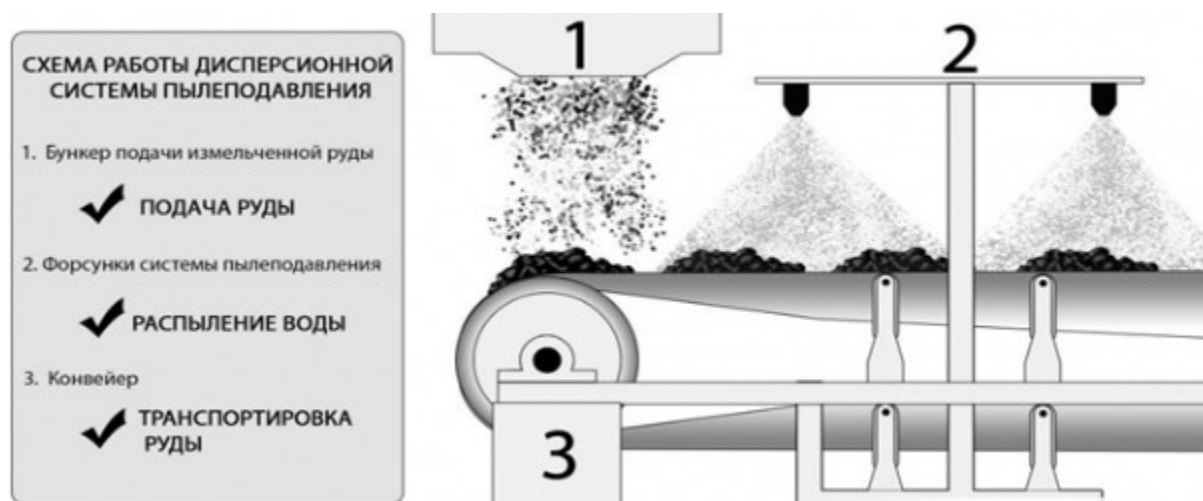


Рисунок 5.28. Установка дисперсионной системы пылеподавления (УДС).

Для предупреждения пылевыделения при ведении экскаваторных работ увлажнение разрыхленной горной массы в развале осуществляется в основном путем ее орошения с

использованием передвижных стационарных оросительных установок. Увлажнение горной массы в развале с одновременной ее дегазацией после взрыва возможно с использованием передвижных вентиляционно-оросительных установок. При этом наряду со снижением пылеобразования эта схема позволяет в 3 – 4 раза сократить время простоя оборудования после проведения массового взрыва. Увлажнение горной массы в экскаваторных забоях карьеров осуществляется с использованием передвижных гидромониторно-насосных установок на колесном и рельсовом ходу. При применении на карьере железнодорожного транспорта используют гидропоезд с 5 – 6 цистернами общей вместимостью 250 – 300 м<sup>3</sup> воды. Они оборудованы двумя оросительными установками типа ДДН-70 или ДДН-50 производительностью 300 м<sup>3</sup>/ч каждая и дальностью струи 50 – 70 м. Ствол гидромонитора ГМН поворачивается на 360° в горизонтальной плоскости и на 120° в вертикальной. Для изменения параметров водяных струй гидромониторов предусмотрены сменные насадки диаметром от 40 до 60 мм. На разрезах, использующих автотранспорт, применяются оросительные гидромониторные установки на базе автосамосвалов различной грузоподъемности. Например, увлажнение путем поверхностного орошения с помощью поливооросительных машин, оборудованных гидромонитором, например, автомобилей БелАЗ-7648 (емкостью 32 м<sup>3</sup>). До 25 % экскавируемой горной массы в летний период подлежит орошению водой. Радиус разбрызгивания струи воды – 60 м. Снижение загрязнения атмосферного воздуха пылью до 10 г/т добываемой горной массы. Емкостью служит герметизированный кузов автосамосвала; действие насоса, подающего воду к гидромонитору, осуществляется с использованием приспособления отбора мощности. Забой орошается в большей степени в его верхней части; нижняя часть увлажняется за счет стока воды к подошве забоя. Средства орошения следует располагать на верхней или нижней площадке уступа с учетом направления ветра относительно забоя и экскаватора в удобном для размещения месте или непосредственно на спланированном с помощью бульдозера уступе. Заправку поливооросительных автомобилей водой предусматривается частично производить из зумпфов – отстойников карьерных вод, расположенных в выработанном пространстве и временного зумпфа – накопителя, расположенного на поверхности.

Увлажнение горной массы при перегрузке ее и при погрузке на складах осуществляется, как правило, с использованием стационарных оросительных установок. Для этого на территории склада имеются емкости для воды, установлены стационарно насосы, сеть трубопроводов и гидромониторы. Для снижения вредного влияния на окружающую среду открытые склады могут быть оборудованы защитными противопылевыми оградами.

Для снижения загрязнения атмосферы выхлопными газами автомобилей используется: нейтрализация выхлопных газов их термokatалитическим окислением,

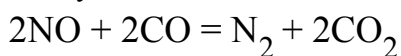
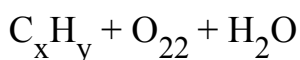
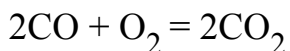


использование нетоксичных или малотоксичных антидетонирующих добавок к топливу , а для дизельных двигателей антидымных присадок, магнитная обработка топлива.

Магнитная обработка автомобильного топлива позволяет снизить токсичность выхлопных газов до 50 %.

Значительное снижение токсичности отработавших газов можно при использовании нейтрализаторов различных конструкций. При каталитической нейтрализации выхлопных газов окись углерода переходит в двуокись, углеводороды окисляются до воды и двуокиси углерода, окись азота восстанавливается до молекулярного азота.

Химические реакции протекают следующим образом:



Наиболее эффективным является использование платиновых катализаторов. Они позволяют обезвредить выхлопные газы от токсичных веществ на 96 – 98 %. Каталитические нейтрализаторы обеспечивают эффективность очистки окиси углерода до 75 %, углеводородов – до 70 % и альдегидов – до 80 % при температуре отработавших газов выше 300 °С.

Регулировку топливной аппаратуры двигателей внутреннего сгорания для обеспечения наиболее полного сжигания топлива следует осуществлять систематически. Ежедневно при выходе автомобилей на линию требуется контролировать содержание токсичных примесей в отработавших газах и в случае отклонения от установленных нормативов проводить регулировку.

Присадка к топливам обеспечивают их более полное сгорание и уменьшение содержания в отработавших газах токсичных компонентов. Например, установлено, что применение присадки типа ИХП к топливу, используемому в дизельных двигателях , позволяет уменьшить дымность вдвое. Применение для дизельных двигателей топливно-водяных эмульсий, содержащих 15 – 20 % воды также значительно уменьшает содержание загрязняющих веществ в отработанных газах.

### **Кросс-медиа эффекты**

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Наличие систем нейтрализации отработавших газов снижает мощность двигателя.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленные методы (конструктивные и технические решения), применимы при технической возможности и экономической целесообразности, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Следует отметить, что поточная технология добычи угля в первые в мире внедрена на разрезе "Богатырь" Экибастузского угольного бассейна. Здесь достигнута самая высокая в отрасли среднемесячная производительность труда рабочего и самая низкая себестоимость добычи 1 тонн угля. Поточная технология с полной конвейеризацией транспорта добытого угля при наклонном падении угольных пластов внедрена на разрезе "Восточный". Для приведения вскрышных работ в соответствие темпу поточной технологии добычи угля в 2010 году на разрезе "Восточный" внедрена циклично-поточная технология (ЦПТ) отработки вскрышных пород. В 2020 году на Михайловском ГОКе открыли уникальный дробильно-конвейерный комплекс. Производительность комплекса – 15 миллионов тонн руды в год, инвестиции в проект – 6 миллиардов рублей. В 2022 году "Металлоинвест" ввел в эксплуатацию комплекс циклично-поточной технологии (ЦПТ) на Лебединском горно-обогатительном комбинате. На реализацию инвестпроекта стоимостью около 14 млрд рублей потребовалось почти 5 лет. [63]

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

## **5.2.6. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение неорганизованных выбросов при хранении угля и продуктов его переработки**

### **5.2.6.1. Укрепление откосов ограждающих дамб хвостохранилищ**

#### **Описание**

Применение скального грунта, грубодробленной пустой породы при укреплении откосов ограждающих дамб хвостохранилищ, с целью сокращения площади пылящей поверхности.

#### **Техническое описание**

При строительстве и реконструкции хвостохранилищ, образующих каскады из двух и более отсеков, ограждающие дамбы, как правило, должны отсыпаться и наращиваться из крупнообломочных грунтов или скальной горной массы с устройством противофильтрационных элементов в виде вертикального ядра или наклонного экрана по верховому откосу. Наращивание дамб таких хвостохранилищ должно производиться только в сторону низового откоса, особенно в районах с продолжительным периодом среднесуточных температур ниже  $-5^{\circ}\text{C}$ . При отсутствии скальной вскрыши наращивание высоты дамб в каскаде может производиться только в сторону низового откоса совместно с наращиванием экрана. Отсеки, образующие каскад, должны иметь резервные объемы, достаточные для размещения селевого потока, образующегося при разрушении дамбы вышележащего отсека, или иметь

аварийный водосброс (канал), обеспечивающий пропуск и отведение селевого потока в безопасное место, как это предусмотрено действующими строительными нормами и правилами. [64]

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов пыли с хвостохранилищ.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

В 2020 году Северный горно-обогатительный комбинат провел работы по консервации пылящих карт хвостохранилища. Для снижения пыления новых карт хвостохранилища на предприятии применили технологию скального пригруза. В качестве "подушки" использовали отходы производства – хвосты. Для покрытия вторым слоем – скальную породу. По подсчетам экологической службы комбината, полуметровый слой щебня будет прочно удерживать свыше семи тонн пыли в год на сухой поверхности. Также реализовали мероприятие по засыпке скальными породами отработанных карт хвостохранилища. [65]

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения, касательно применимости**

Применимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.6.2. Рекультивация пылящих поверхностей**

#### **Описание**

Озеленение пылящих поверхностей (откосов породных отвалов, терриконов) – посев трав и саженцев на неиспользуемых территориях с целью закрепления внешнего слоя пылящих поверхностей, сокращения площади неорганизованных источников пыления.

#### **Техническое описание**

Применение НДТ способствует защите пылящих поверхностей от ветровой эрозии, сокращению площади неорганизованных источников пыления.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов пыли с откосов породных отвалов, терриконов.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

В 2020 году Северный горно-обогатительный комбинат провел работы по консервации пылящих карт хвостохранилища. Для снижения пыления новых карт хвостохранилища на предприятии применили технологию скального пригруза. В качестве "подушки" использовали отходы производства – хвосты. Для покрытия

вторым слоем – скальную породу. По подсчетам экологической службы комбината, полуметровый слой щебня будет прочно удерживать свыше семи тонн пыли в год на сухой поверхности. Также реализовали мероприятие по засыпке скальными породами отработанных карт хвостохранилища. [50]

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения, касательно применимости**

Применимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.6.3. Предупреждение самовозгорания угля и породных отвалов**

#### **Описание**

На угольных предприятиях самовозгорание зачастую возникает в породных отвалах и угольных складах. В породных отвалах из-за низкой концентрации горючего вещества процесс самовозгорания развивается медленно, и в случае регулярного контроля температуры горной массы удается своевременно обнаружить начало процесса и предотвратить возникновение эндогенного пожара. Химическая активность угля, хранимого на складах, значительно выше, чем у пород отвалов, поэтому процесс самовозгорания протекает быстро. Инкубационный период склонного к самовозгоранию угля, как правило, не превышает 1,5 – 2 месяца, а сроки хранения на угольных складах нередко достигают четырех и более месяцев. В основном это происходит по причине несвоевременной отгрузки угля, снижения потребления горючего в периоды высокопроизводительной добычи. В случае если срок хранения угля в штабелях превышает инкубационный период самовозгорания, необходимы мероприятия, позволяющие предотвратить развитие эндогенного пожара.

#### **Техническое описание**

Необходимость и эффективность мероприятий по снижению эндогенной и экзогенной пожароопасности разрезов определяется наличием и степенью влияния пожароопасных факторов. Факторы должны устраняться путем соблюдения комплекса требований, предъявляемых к технологическим процессам, выполнение которых на начальных стадиях развития процесса самонагревания является более эффективным и менее трудоемким по сравнению с тушением пожаров и ликвидацией их последствий. В тех случаях, когда мероприятия технологического характера не дают желаемых результатов, предусматривается применение специальных профилактических мероприятий.

Исходя из условий самовозгорания все профилактические мероприятия должны быть направлены на:

1. устранение условий возникновения процессов самонагрева и аккумуляции тепла;
2. снижение окислительной способности угля;
3. уменьшение притока воздуха.

На практике это достигается либо путем проведения технологических мероприятий, сводящихся к недопущению или устранению нарушений целостности угольного массива и образования породно-угольных скоплений при помощи имеющегося горнотранспортного оборудования, либо выполнением мероприятий с использованием специального оборудования и средств профилактики.

В комплекс технологических и технических мероприятий по предупреждению самовозгорания угля, содержащегося в породе и продуктах углеобогащения, размещаемых на складах и отвалах входят:

- выбор рациональных форм отвалов;
- послойный порядок отсыпки пород (заливание или засыпка нижних пористых частей отвалов негорючими материалами; предварительное увлажнение пластов посредством принудительного нагнетания в них воды или специальных антипирогенных растворов);
- внесение ингибиторов (антиокислителей в виде растворов, водных эмульсий, суспензий или сухих реагентов) в процессе формирования штабелей с послойным и поверхностным уплотнением угля или с помощью специальной насосной установки через трубы с отверстиями, погружаемые в штабель;
- покрытие поверхности штабеля специальными составами;
- покрытие поверхности штабеля суспензией гашеной извести в целях уменьшения перегрева штабеля (для южных регионов);
- уплотнение верхних и боковых поверхностей отвалов;
- проведение рекультивационных работ;
- формирование (перестройка) оптимальных по форме и структуре негорящих и устойчивых отвалов;
- ведение теплового мониторинга.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Технологические и технические мероприятия, описанные в НДТ, позволяют снизить скорость окислительно-восстановительных реакций и полностью предотвратить самонагревание и самовозгорание защищаемого угля в местах складирования, сократить выбросы загрязняющих веществ (продуктов сгорания угля) в атмосферный воздух.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Складирование угля на складах в большинстве случаев осуществляется в открытых штабелях (реже – в бункерах и закрытых складах). Для малоустойчивых к окислению углей площадки под штабеля рекомендуются в виде естественного грунта, обеспечивающего хорошую теплоотдачу от угля в почву, относительно быстрое удаление атмосферных осадков, а также хороший контакт угля с основанием, что затрудняет свободный подсос воздуха в штабель. По мере роста склонности углей к окислению и самовозгоранию максимальная допустимая высота штабелей сокращается до 2,5 м.

Наиболее приемлемым путем предотвращения возникновения эндогенных пожаров в период хранения угля в штабелях является обработка скоплений водными растворами, в том числе с применением различных специальных составов или специальными антипирогенными растворами. Применение такой обработки штабелей уменьшит количество поглощаемого углем кислорода, что приведет к сокращению выделения тепла. Одновременно возникнут дополнительные потери тепла из скопления угля на нагрев и образование паров жидкости, выносимых в окружающее пространство.

Антипирогенными свойствами обладают отходы химической, нефтехимической, металлургической промышленности. К настоящему времени найдено большое число веществ, обладающих антипирогенными свойствами, но практическое применение нашли только некоторые из них. На ряде разрезов СНГ испытан и рекомендован к применению для профилактики самовозгорания нейтрализованный черный контакт (НЧК), основой которого являются отходы переработки нефти с добавлением хлористого кальция. Проводилась проверка антипирогенных свойств известкового шлама (отходы азотно-тукового производства). Испытания указанных антипирогенов (особенно последнего) выявили не только их эффективность, но и ряд недостатков (слабые антипирогенные свойства, вымывание водой и др.). Обзор патентов России, США, Великобритании, Германии, Франции, Японии и др. показал, что наибольшее распространение получают пленкообразующие составы – жидкое стекло, смолы с различными добавками (хлориды, ПВА, ПАВ и др.), а также составы ингибирующего действия фосфатсодержащие соединения и др. с добавлением ПАВ).

Выбор антипирогенных составов для каждого разреза осуществляется с учетом свойств угля; место их применения, а также способ и кратность обработки зависит от категории пожароопасности разреза.

Основные объемы профилактических работ с применением антипирогенов рекомендуется выполнять в теплое и сухое время года. В отдельных случаях эти сроки регламентируются наиболее часто повторяющимися опасными ситуациями, характерными для региона месторождения. Орошение рекомендуется осуществлять путем однократного (или двукратного с интервалом в одну неделю) нанесения антипирогена на обрабатываемую поверхность при помощи пожарных, поливомоечных машин или специально переоборудованных машин на базе автомобилей БелАЗ-540,

оснащенных баками, насосами, мониторами и др. При первичной обработке нанесение антипирогена должно производиться равномерно по всей площади (при расходе 5 – 8 л/м<sup>2</sup>); при повторном нанесении состава удельный расход антипирогена уменьшается до 4 – 5 л/м<sup>2</sup>.

Способы температурного контроля и меры, используемые при самонагревании (самовозгорании) угля, подробно описаны в пункте, рассматривающем складирование угля (смотреть п.3.1.8.2). ПАО "Распадская" сегодня успешно реализует программу по пылеподавлению на угольных складах и технологических дорогах, путем установки специальных водяных пушек, которые распыляют мельчайшие частицы воды и создают естественный туман. Оборудование применяется для орошения угольных складов фабрик и создания туманных завес. Его использование снизит. Водяная установка помогает снизить количество пыли на 85 – 90 %. Пилотные установки орошения появились больше года назад на обогатительной фабрике "Распадская". Они хорошо показали себя в деле, являются абсолютно безопасными для людей и техники. Сейчас такие установки работают на всех обогатительных фабриках компании, а также на шахтах "Усковская", "Осинниковская" и "Распадская-Коксовая".

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения, касательно применимости**

Применимо, но в каждом конкретном случае необходим подбор вида и количества применяемых специальных антипирогенных растворов и ПАВ.

Работы по исследованию эффективности действия антипирогенов на процесс самонагревания угля ведутся давно, однако выбор антипирогенов для каждого месторождения до настоящего времени производился эмпирически. Трудность подбора антипирогенов состоит в том, что в зависимости от вещественного состава и свойств угля одни и те же антипирогены могут быть как катализаторами, так и ингибиторами. Кроме того, свойства антипирогенов существенно меняются в зависимости от их концентрации и взаимовлияния друг на друга при применении многокомпонентной смеси.

#### **5.2.6.4. Устройство лесозащитной полосы по границе земельного отвода вдоль отвалов рыхлой вскрыши (посадка деревьев)**

##### **Описание**

Наибольшими пылезащитными свойствами обладают древесные формы растений. Эффективность пылезащитных свойств у разных древесных пород различна и зависит от строения дерева, его ветрозащитной способности.

##### **Техническое описание**

Ветрозащитная эффективность полос зависит от их строения, конструкции, высоты, ширины, формы поперечного сечения и степени ажурности. Наибольшую дальность защитного действия (50 – 60 высот деревьев) имеют полосы зеленых насаждений при продуваемой конструкции (с просветами внизу). За полосами ажурной конструкции (оптимальная ажурность составляет 30 – 40 %) эти зоны несколько меньше (45 – 50 высот). Полосы непродуваемой конструкции (плотные сверху донизу) отличаются наименьшим ветрозащитным действием (35 – 40 высот).

Полоса деревьев высотой 10 м, расположенных в 5 рядов, способна ослабить скорость ветра вдвое, причем на расстоянии 60 м.

Лучше всего задерживают пыль деревья с шершавыми, морщинистыми, складчатыми, покрытиями волосками, липкими листьями. Шершавые листья и листья, покрытые тончайшими ворсинками (сирень, черемуха, бузина), лучше удерживают пыль, чем гладкие (клен, ясень, бирючина). Листья с войлочным опушением по пылезадержанию мало отличаются от листьев с морщинистой поверхностью, но они плохо очищаются дождем. Клейкие листья в начале вегетации имеют высокие пылезадерживающие свойства, но их утрачивают. У хвойных пород на единицу веса хвои оседает в 1,5 раза больше пыли, чем на единицу веса листьев, и пылезащитные свойства сохраняются круглый год. Зная пылезащитные свойства растений, варьируя размеры озеленяемой территории, подбирая породы и необходимую густоту посадок, можно добиться наибольшего пылезащитного эффекта. Дожди, освобождая насаждения и воздушный бассейн от пыли, смывают ее на поверхность земли. Количество пыли в воздухе изменяется в зависимости от влажности воздуха и скорости ветров.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение пыления отвалов вскрышной породы.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Снижение пыления отвалов до 55 г пыли/т горной массы, поступающей в отвал.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения, касательно применимости**

Применимо с учетом природно-климатических условий района расположения предприятия.

#### **Экономика**

Нет данных.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.6.5. Использование отходов полиэтилена и полипропилена с последующей температурной обработкой до сплавления с поверхностью хвосто- и шламохранилища**



## **Описание**

При способе образования защитного экрана, заключающимся в приготовлении гидроизоляционной смеси, содержащей отходы полиэтилена, укладке ее на основание хранилища и термической обработке, приготавливают смесь из отходов полиэтилена – 70 – 99 % и полипропилена – 1 – 30 %, после укладки на основание хранилища ее подвергают термической обработке при температуре плавления смеси или поверхностного слоя хранилища.

### **Техническое описание**

Техногенный процесс консервации включает три стадии:

планирование поверхности хвостохранилища;

проведение дренажным мероприятий;

создание композитного слоя.

На первых двух стадиях процесса задействуется имеющийся на предприятии комплекс машин и оборудования (бульдозеры, экскаваторы, автосамосвалы и т. д.). При планировании поверхности насыпных и намывных техногенных месторождений необходимо опираться на данные о естественном угле откоса для образующихся пород. Профиль спланированного техногенного месторождения должен иметь угол откоса характерный для самых слабых пород.

Проведение третьего этапа процесса создание экрана требуется приготовление специализированного оборудования-экранирующая машина.

В районах развития многолетнемерзлых пород требуется сохранение пластичности покрытия при низких температурах, в этом случае смесь должна содержать 90 – 99 % – полиэтилена и 1 – 10 % – полипропилена. В районах жаркого и засушливого климата при необходимости сохранения термоустойчивости покрытия содержание полипропилена в смеси увеличивается до максимума, т. е. до 30 %.

Если в литологическом строении основания хранилища преобладают рыхлые несвязные породы, то покрытие должно обладать большей жесткостью, в этом случае смесь должна содержать 75 – 85 % полиэтилена и 15 – 25 % полипропилена. В случае наличия в строении основания хранилища трещиноватых пород, а также при наличии неоднородностей на поверхности основания хранилища, покрытие должно обладать большей пластичностью, в этом случае смесь должна содержать 85 – 95 % полиэтилена и 5 – 15 % полипропилена.

Перед образованием защитного экрана проводятся планировочные работы на поверхности хранилища. Смесь приготавливают путем перемешивания на месте ее нанесения, равномерным слоем распределяют по поверхности основания хранилища, заполняя ею трещины и неоднородности. Далее смесь подвергают, электротермической обработке с помощью нагревательного устройства при температуре плавления смеси ( 150 – 170 °С). При необходимости повышения изоляционных свойств покрытия при складировании отходов и повышенной обводненности грунтов основания температура

термической обработки может быть увеличена до температуры плавления поверхностного слоя хранилища (грунтов основания) (до 1300 °С). Кроме того, высокотемпературная термическая обработка приводит к повышению прочностных свойств защитного экрана за счет оплавления этого слоя.

Применение данного способа позволяет повысить прочность, устойчивость к деформации экранирующего покрытия, создать покрытие, устойчивое к воздействию агрессивных сред, экологически безопасное для окружающей среды. [66]

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение пыления хвостохранилища.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Использование данной технологии решает несколько задач:

при нанесении полимерного покрытия на каждом квадратном метре можно утилизировать порядка 12 – 15 кг отходов полиэтилена;

снижение пыления хвостохранилища.

Комплекс исследований проведен на территориях расположения техногенных массивов ОАО "Михайловский ГОК".

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения, касательно применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.6.6. Использование ветровых экранов**

#### **Описание**

Система ветрозащитных экранов, является модульной, состоит из ограниченного числа элементов, применяется для сокращения пыления.

#### **Техническое описание**

Ветровой барьер представляет собой специальную сеть из синтетического материала, натянутую вокруг потенциального источника пыли. Благодаря ячеистой структуре ветровой барьер снижает скорость проходящих через него потоков воздуха на 75 % и более. Это значительно сокращает количество воздушной пыли. При этом окружать весь штабель ветровым барьером не требуется, достаточно установить его в направлении наиболее частого и постоянного ветра. Ветровой барьер устойчив к сильным ветрам, ультрафиолету.

Ограждение для защиты от ветра и пыли контролирует и изменяет направление потоков ветра за счет уменьшения скорости ветра и турбулентности на площадках. При

столкновении ветра со стеной механическая энергия воздушного потока снижается, вследствие чего уменьшается скорость ветра. В то же время уменьшается сила и размер крупных вихревых потоков.

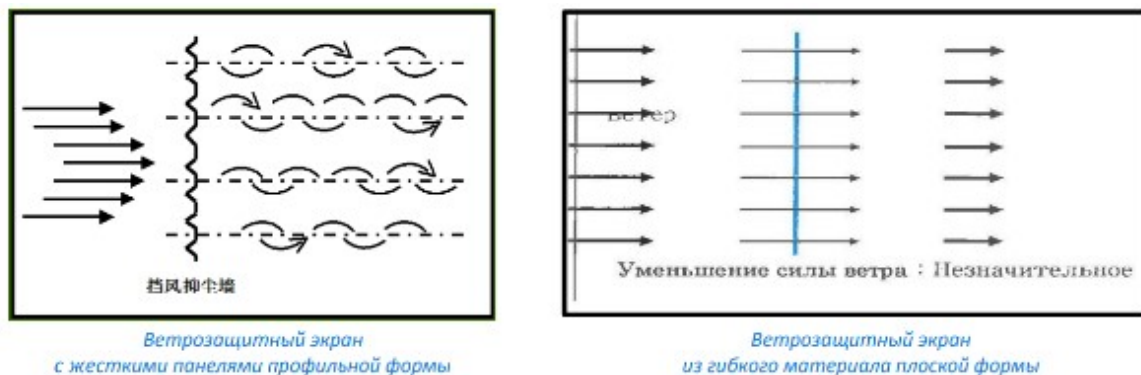


Рисунок 5.29. Ветрозащитные экраны.

Жесткая конструкция формирует новые потоки воздуха с меньшей скоростью и интенсивностью, что позволяет значительно снизить рассеивание пыли как на площадке, так и за ее пределами. [67]

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение пыления хвостохранилища.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Снижение выбросов (пыления) при использовании ветровой защиты составляет 65 – 80 %.

В США для пылеподавления используют ветровые экраны "Dust TAMER™ Wind Screen Systems" [68].

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения, касательно применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.6.7. Противодействие смерзанию угля**

#### **Описание**

Данная НДТ применяется на этапах складирования и отгрузки угля при добыче угля открытым, подземным способом, а также при обогащении угля.

### **Техническое описание.**

Для предотвращения смерзания углей осуществляют:

взрыхление верхнего слоя штабеля с помощью машин-рыхлителей (производительностью 60 – 240 т/ч) или других приспособлений до наступления заморозков или после заморозков, если толщина промерзания не превысила 100 – 150 мм; Рыхлители предназначены для восстановления сыпучести смерзшегося или слежавшегося угля при выгрузке его из железнодорожных полувагонов. Рыхлители могут осуществлять действие вибрацией, бурением, фрезерованием. Для установки и перестановки рыхлителей на полувагоне необходимы краны, обеспечивающие грузоподъемность не менее 7 – 10 тонн. Исполнительный орган рыхлителя выполнен из высокопрочной морозостойкой стали, а электродвигатель – в виброзащитном исполнении;

обработку верхнего слоя угля до заморозков поверхностно-активными веществами (нефтепродуктами, отходами коксохимического и нефтеперерабатывающего производств) на глубину промерзания.

При складировании угля в закрытых помещениях одним из способов противодействия смерзанию является вентиляция с применением калориферов.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при альтернативных мероприятиях по восстановлению сыпучести угля.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Снижение пыления отвалов до 55 г пыли/т горной массы, поступающей в отвал.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение потребления энергоресурсов, необходимых для дробления и размораживания смерзшегося угля.

### **Технические соображения, касательно применимости**

Применимо.

### **Экономика**

НДТ позволяет уменьшить расходы на мероприятия по сохранению качественных характеристик угля при складировании (хранении). В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

## **5.2.7. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов от организованных источников выбросов**

На угольных разрезах, шахтах и разнообразных установках для обогащения угля выделяется угольная пыль. В состав этой пыли могут входить разнообразные элементы, такие как кремнезем, глина, песчаник и так далее. Пыль вызывает антракоз легких,

хронический бронхит, эмфизему легких и другие многочисленные опасные заболевания. Именно поэтому необходимо применять современных методов очистки выбросов от пыли, такие как:

- применение камер гравитационного осаждения;
- применение циклонов;
- применение электрофильтров;
- применение рукавных фильтров;
- применение мокрых газоочистителей;
- применение фильтров с импульсной очисткой.

### 5.2.7.1. Применение камер гравитационного осаждения

#### Описание

Гравитационное осаждение основано на осаждении взвешенных частиц под действием силы тяжести при движении запыленного газа с малой скоростью без изменения направления потока. Процесс проводят в отстойных газоходах и пылеосадительных камерах.

#### Техническое описание

Улавливание пыли происходит в гравитационном поле за счет сил тяжести частицы пыли относительно газовой среды. Скорость запыленного газа в камере должна быть небольшой, не более 1,5 м/сек, с уменьшением скорости, эффективность камеры возрастает. Гидравлическое сопротивление в пределах  $12 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{м}^2$ . Схема горизонтальной осадительной камеры показана на рисунке 5.30. Преимущество осадительной камеры – простота конструкции, малое гидравлическое сопротивление, отсутствие износа, способность производить очистку газа при высоких запыленностях и температурах.

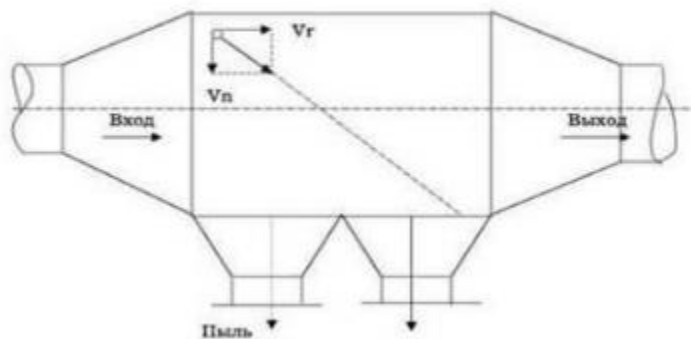


Рисунок 5.30. Схема горизонтальной осадительной системы

Для улавливания пыли с размером частиц более 20 мкм применяются жалюзийные аппараты. Данные аппараты имеют жалюзийную решетку, состоящую из рядов пластин или колец. Очищаемый газ, проходя через решетку, делает резкие повороты. Пылевые частицы вследствие инерции стремятся сохранить первоначальное направление, что приводит к отделению крупных частиц из газового потока, которые, сталкиваясь с наклонными решетками, отражаются и отскакивают в сторону от щелей между лопастями жалюзи (рисунок 5.31). Назначение жалюзийной решетки – разделить газовый поток на две части: одну, в значительной мере освобожденную от пыли и составляющую 80 – 90 % всего количества газа, и другую (10 – 20 %), в которой сосредоточена основная масса содержащейся в газе пыли, улавливаемой затем в циклоне или в другом достаточно эффективном пылеуловителе. Очищенный в циклоне газ возвращается в основной поток газов, очищенных с помощью жалюзийной решетки

Скорость газа перед жалюзийной решеткой должна быть достаточно высокой (до 15 м/с), чтобы достигнуть эффекта инерционного отделения пыли. На степень очистки влияет также скорость движения газов, отсасываемых в циклон. Гидравлическое сопротивление решетки составляет 100 – 500 Па.

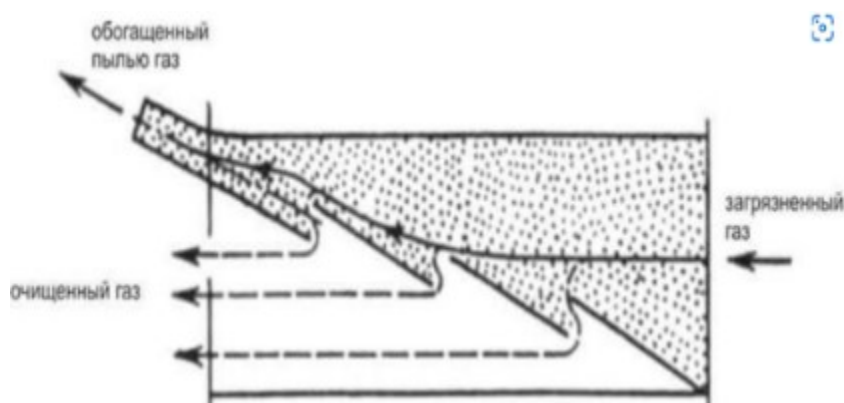


Рисунок 5.31. Жалюзийный пылеотделитель

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов пыли.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

При очистке в жалюзийных аппаратах достигаются следующие показатели работы: при наличии пылевых частиц размером 30 мкм эффективность составляет около 75 %, а для частиц размером 40 мкм – 85 %.

К преимуществам жалюзийных пылеуловителей относится:

компактная конструкции;

низкая цена;

уменьшают уровень износа рукавов;

высокая пригодность к ремонту. Пассивные решетки не потребляют электроэнергию, лишены подвижных элементов, изготовлены из долговечных металлов. Универсальный характер технологии позволяет использовать аналогичные приемы для очищения самых разных субстанций, как минеральных, так и органических

### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

### **Технические соображения, касательно применимости**

Общеприменим.

Сухое улавливание пыли бывает недостаточно для очистки газов, содержащих агрессивные химические вещества. При наличии едких реагентов требуется влажная технология, часто с применением специальных веществ, нейтрализующих активные компоненты.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

## **5.2.7.2. Применение циклонов**

### **Описание**

Циклон, или инерционные вихревые системы аспирации для удаления частиц пыли, является одним из основных аппаратов для очистки воздуха и отходящих технологических газов от твердых загрязнений, которые образуются в результате деятельности различных производственных предприятий. Благодаря простоте конструкции, отсутствию подвижных узлов и механизмов, возможности увеличения производительности путем объединения в группы и батареи, циклоны сухой очистки широко применяются в технологических и подготовительных производственных процессах.

### **Техническое описание**

Циклоны обеспечивают очистку газов эффективностью 80 – 95 % от частиц пыли размером более 10 мкм. В основном их рекомендуется использовать для предварительной очистки газов и устанавливать перед высокоэффективными аппаратами (например, фильтрами или электрофильтрами). В ряде случаев достигаемая эффективность циклонов оказывается достаточной для выброса газов или воздуха в атмосферу. Запыленный воздух входит в корпус циклона со скоростью до 20 м/с, совершая вращательное движение в кольцевом пространстве между стенкой корпуса и внутренней трубой, перемещаясь далее в коническую часть корпуса. Под действием центробежной силы пылевые частицы, перемещаясь радиально, прижимаются к

стенкам корпуса. Воздух, освобожденный от пыли, выходит наружу через внутреннюю трубу, а пыль поступает в сборный бункер. В зависимости от производительности циклоны можно устанавливать по одному (одиночные циклоны) или объединять в группы из двух, четырех, шести или восьми циклонов (групповые циклоны).

Типоразмер циклона выбирают исходя из производительности с учетом оптимальной скорости в цилиндрической части циклона.

В зависимости от расхода очищаемого воздуха циклоны могут применяться в одиночном или групповом исполнении, состоящем из 2, 4, 6 и 8 циклонов. При подборе типоразмера циклона учитывается, что с увеличением диаметра циклона степень очистки воздуха уменьшается. Циклоны с диаметром менее 800 мм не рекомендуется применять для улавливания абразивной пыли.

Материал для изготовления циклонов при температуре окружающей среды до 40 °С – углеродистая сталь, при температуре ниже – 40 °С – низколегированные стали.

Таблица 5.4. Параметры циклонов ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24

№ п/п	Параметры циклонов ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24	
1	2	3
1	Допустимая запыленность газа, г/м <sup>3</sup> :	
2	- для слабослипающейся пыли	Не более 1000
3	- для среднеслипающейся пыли	250
4	Температура очищаемого газа, °С	Не более 400
5	Максимальное давление (разрежение), кгс/м <sup>2</sup> (кПа)	500 (5)
6	Коэффициент гидравлического сопротивления циклонов:	
7	- для одиночных циклонов	147
8	- для групповых циклонов:	
9	с "улиткой"	175
10	со сборником	182
11	Оптимальная скорость, м/с:	
12	- в обычных условиях $V_{ц}(V_{вх})$	3,5 (16,0)
13	- при работе с абразивной пылью $V_{ц}(V_{вх})$	2,5 (11,4)

### **Достигнутые экологические выгоды**

При равных условиях запыленности на входе очистка циклона составляет не более 40 – 60 %. При сильно запыленном воздухе на входе для обеспечения высокой эффективности очистки и уменьшения затрат на изготовление пылеулавливающего агрегата целесообразно применять два или три последовательно соединенных устройства с эффективностью каждого – (93 – 96 %).

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**



Степень улавливания частиц пыли размером 0,01 – 0,02 мм в циклонах представлена в таблице 5.5.

Таблица 5.5. Эффективность очистки газа в циклоне

№ п/п	Дисперсность частиц	Теоретическая эффективность очистки
1	2	3
1	Более 20 $\mu\text{m}$	$\approx 99\%$
2	Более 10 $\mu\text{m}$	$\approx 95\%$
3	Более 5 $\mu\text{m}$	$\approx 80\%$

Эффективность очистки газа в циклоне определяется дисперсным составом и плотностью частиц улавливаемой пыли, а также вязкостью газа, зависящей от его температуры. При уменьшении диаметра циклона и повышении до определенного предела скорости газа в циклоне эффективность очистки возрастает. Эффективность очистки, указанная в технических характеристиках, может быть достигнута лишь при условии соответствия между типоразмером циклона и его производительностью. Эффективность очистки резко снижается при подсосе атмосферного воздуха внутрь циклона, особенно через бункер. Допустимая величина подсоса 5 – 8 %.

Для нормальной эксплуатации циклонов необходимо:

обеспечить герметичность и исключить подсосы воздуха в шпек удаления пыли, пылесборную камеру, циклоны;

поддерживать температуру газов в циклонах на 30 – 50 °С выше точки росы для исключения конденсации паров воды входной газовой смеси и циклоны теплоизолируют;

для снижения выноса пыли из сушильного барабана производительность дымососа увязывают с поступлением горячих газов из топки путем поддержания разрежения в барабане на уровне 20 – 50 Па.

Допустимая запыленность газа для циклонов должна находиться в следующих пределах: для циклона диаметром 400 – 600 мм – не более 200 г/м<sup>3</sup>; 600 – 800 мм – не более 400 г/м<sup>3</sup>; 1000 – 2000 мм – не более 3000 г/м<sup>3</sup>; 2000 – 3000 мм – не более 6000 г/м<sup>3</sup>.

На предприятии А циклоны ЦН 11 очищают воздух и газы от взвешенных частиц пыли, которая выделяется при сушке, а также в различных помольных и дробильных установках, при транспортировании сыпучих материалов, и летучей золы при сжигании топлива.

На объектах предприятия С используются циклоны ЦН на дробилках и грохотах.

### **Кросс-медиа эффекты**

Увеличение количества отходов, если собранная пыль не может быть возвращена в процесс.

### **Технические соображения, касательно применимости**

Требуется наличие сухого сжатого воздуха (обычно решается установкой компрессора необходимой производительности вблизи фильтра и фильтра-влагомаслоотделителя).

Инерционные вихревые аспирационные системы применяются на предприятиях, работающих с угольной пылью, потому что они довольно просты в обслуживании, не требуют огромных средств для ремонта и ввода в эксплуатацию. В основном циклоны фильтруют частицы с диаметром от 30 микрон, что не позволяет фильтровать воздух с эффективностью хотя бы на уровне 90 %, однако, если учесть соотношение цена/качество, то циклоны отличный вариант для малых предприятий, работающих в экологии, которая может быть загрязнена угольной пылью.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.7.3. Применение электрофильтров**

#### **Описание**

Частицы пыли получают (как правило) отрицательный электрический заряд в поле коронного разряда и движутся под действием электрического поля к заземленным электродам, оседают на них и после регенерации электродов собираются в бункерах. Небольшая часть пыли, примерно 0,5 – 1 % от общего количества, приобретает положительный заряд и осаждается на коронирующих электродах и также периодически удаляется. Эффективность очистки может зависеть от количества полей, времени пребывания и предшествующих устройств для удаления частиц. Электростатические фильтры могут быть сухого или мокрого типа в зависимости от метода, используемого для сбора пыли с электродов.

#### **Техническое описание**

Электрофильтры активно применяются в отрасли и могут функционировать в условиях широких диапазонов значений температуры, давления и пылевой нагрузки. Они не очень чувствительны к размеру частиц и улавливают пыль как во влажных, так и в сухих условиях. Конструкция электрофильтра устойчива к коррозии и абразивному воздействию.

Электрофильтр состоит из нескольких высоковольтных коронирующих электродов и соответствующих осадительных электродов. Частицы заряжаются и впоследствии выделяются из газового потока под воздействием электрического поля, созданного между электродами. Электрическое поле между электродами создается небольшим

постоянным током высокого напряжения (100 кВт). На практике электрофильтр разделен на ряд дискретных зон (обычно до пяти). Схема устройства электрофильтра показана на рисунке ниже.

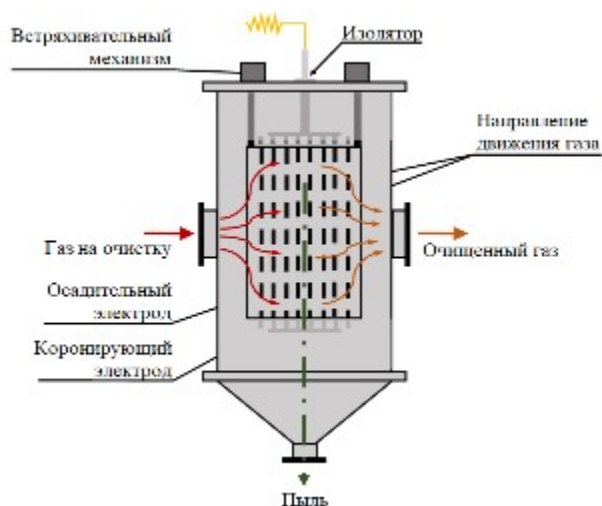


Рисунок 5.32. Схема устройства электрофильтра (показаны только две зоны)

Частицы удаляются из потока газа в четыре этапа:  
наведение электрического заряда на частицы пыли;  
подача заряженной пыли в электрическое поле;  
улавливание пыли с помощью коллекторного электрода;  
удаление пыли с поверхности электрода.

Коронирующие электроды необходимо подвергать встряхиванию или вибрации для предотвращения накопления пыли, соответственно, их механическая прочность должна выдерживать такое воздействие. Механическая надежность коронирующих электродов и их несущей конструкции имеет большое значение, поскольку даже один оборванный кабель может закортить все электрическое поле электрофильтра.

Производительность электрофильтра определяется формулой Дейча, согласно которой эффективность определяется общей площадью поверхности осадительных электродов, объемным расходом газа и скоростью миграции частиц. Таким образом, увеличение площади поверхности осадительных электродов имеет большое значение для улавливания конкретного вида пыли, в связи с чем современным подходом является использование расширенного межэлектродного пространства. В свою очередь, это предполагает надежную конструкцию и контроль работы выпрямительного устройства.

Конструкция используемых в горно-обогатительной отрасли выпрямителей предусматривает применение отдельных секций устройства для каждой зоны или части

зоны электрофильтра. Это позволяет применять разное напряжение на входных и выходных зонах, поскольку на выходе пылевая нагрузка меньше, а также дает возможность постепенно увеличивать напряжение, подаваемое на зоны, без искрения. Хорошая конструкция также подразумевает применение автоматизированных систем управления, поддерживающих оптимально высокое напряжение, подаваемое без искрения на электроды конкретной зоны. Для подачи максимально возможного без образования искр высокого напряжения и постоянного изменения его значения используется автоматическое контрольно-измерительное устройство. Подача постоянного высоковольтного электропитания практически не позволяет обеспечить оптимальную эффективность улавливания пыли.

Особое значение имеет электрическое сопротивление (величина, обратная электрической проводимости) пыли. Если оно слишком низкое, то частицы, достигая осадительного электрода, легко теряют свой заряд, и может произойти вторичный унос пыли. При повышенном удельном сопротивлении пыли на электроде образуется изолирующий слой, который препятствует нормальному коронированию и приводит к снижению эффективности улавливания. В основном удельное сопротивление пыли находится в рабочем диапазоне, но эффективность улавливания можно еще повысить, улучшив физические характеристики частиц. Для этого широко применяются аммиак и трехокись серы. Удельное сопротивление также можно уменьшить с помощью понижения температуры или увлажнения газа.

Для достижения высоких значений производительности электрофильтра газ пропускают через специальные устройства, обеспечивающие равномерность потока, препятствующую прохождению вне электрического поля. Правильная конструкция входных газоходов и наличие устройств распределения потока на входе электрофильтра необходимы для достижения однородности потока.

Электрофильтры ионной абразивной обработки обычно работают в диапазоне 100 – 150 кВт для обеспечения высокой эффективности сепарации. Отличительной особенностью электрофильтров является способностью работать при высокой температуре (горячие) и высокой влажности обеспыливаемых газов (мокрые). Количество образующейся пыли – так называемый вынос пыли (в процентах от массы перерабатываемой шихты) или переход металлов в пыль зависит от вида металлургического агрегата, физико-химической характеристики шихты (крупность, прочность, содержание легковозгоняемых металлов и соединений и прочее), интенсивности и характера пирометаллургического процесса и многих других факторов. Особенно интенсивно пыль образуется в технологических процессах, таких как обжиг и плавка концентратов, возгоночные процессы.

Таблица 5.6. Эффективность очистки и уровни выбросов, связанные с использованием электрофильтров

---

№ п/п	Загрязняющее вещество		Эффективность очистки, %	Примечание	
				Сухой фильтр	Мокрый фильтр
1	2	3	4	5	
1	<1 мкм	>96,5	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	
2	2 мкм	>98,3	Очистка до <20 мг/Нм <sup>3</sup>	Очистка до <20 мг/Нм <sup>3</sup>	
3	5 мкм	>99,95	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	
4	>10 мкм	>99,95	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов пыли в атмосферу. Возможность рециркуляции (повторное использование уловленной пыли). Снижение нагрузки загрязняющих веществ, направляемых на следующие этапы очистки.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Основные преимущества электрической очистки газов, следующие:

широкий диапазон производительности – от нескольких м<sup>3</sup>/час до миллионов м<sup>3</sup>/час;

эффективность очистки от пыли варьирует от 96,5 % до 99,95 %.

гидравлическое сопротивление – не более 0,2 кПа (является основной причиной низких эксплуатационных затрат);

электрофильтры могут улавливать сухие частицы, капли жидкости и частицы тумана;

в электрофильтрах улавливаются частицы размером от 0,01 мкм (вирусы, табачный дым) до десятков микрон.

В Качканарском горно-обогатительном комбинате (2008) (ОАО "Ванадий", входит в "Евраз Групп") завершена реализация инвестиционного экологического проекта по оснащению газоочистными установками двух действующих на предприятии комплексов по производству агломерата (сырья для изготовления чугуна). В цехе агломерации пущен в эксплуатацию современный электрофильтр, который позволит каждый час очищать до 1 миллиона кубометров отходящих газов с высокими качественными показателями. Удельные выбросы в атмосферу сократились более чем в 2,5 раза: с 23 до 9 кг на тонну готовой продукции.

На фабрике окомкования при обжиге окатышей на Лебединском ГОКе (2009) проведена модернизация системы газоочистки, скрубберы в системе аспирации заменены на электрофильтры. Эффективность пылеочистки достигает 99 %.

Электрофильтры ЭГБМ успешно эксплуатируются на предприятиях России, стран СНГ, Финляндии, Швеции, Ирландии [69].

На Магнитогорском металлургическом комбинате установлен электрофильтр системы аспирации шихтоподачи Доменной печи № 6 в аспирационных системах, каждая из которых имеет производительность более 1 млн м<sup>3</sup>/час, электрофильтры обеспечивают проектную эффективность очистки воздуха до 98 – 99 %. [69]

Электрофильтры широко применяются в странах по всему миру, особенно в странах СНГ, США, Китай, Австралия и др., к примеру, в России внедрены на Череповецком металлургическом заводе, в Китае Zhujǐ Kulun Environmental Technology Co., Ltd, Kleanland, Xinhai, Yantai Jinpeng Mining Machinery с эффективностью очистки от пыли до 95 – 97 %.

### **Кросс-медиа эффекты**

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. При выполнении работ по обслуживанию электрофильтра могут появиться дополнительные отходы. Необходимость утилизации пыли, если она не может быть повторно использована.

### **Технические соображения, касательно применимости**

Вследствие их высокой эффективности, низкого гидравлического сопротивления, высокой работоспособности и энергетической эффективности, электрофильтры стали наиболее успешными установками для улавливания пыли из отходящих газов от основного технологического оборудования.

Основным недостатком электрофильтров является высокая чувствительность процесса электрической фильтрации газов к отклонениям от заданных параметров технологического режима, состава пыли, а также к незначительным механическим дефектам в активной зоне аппарата. Также следует учитывать, что при эксплуатации электрофильтров неизбежно возникновение искровых разрядов. В связи с этим электрофильтры не применяют, если очищаемый газ представляет собой взрывоопасную смесь или такая смесь может образоваться в ходе процесса в результате отклонения от нормального технологического режима.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов пыли, с возможностью ее повторного использования. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

#### 5.2.7.4. Применение мокрых газоочистителей

##### Описание

Метод предусматривает использование электрофилтра, в котором собранный материал смывается с пластин коллекторов с помощью жидкости, обычно воды. Для удаления капель воды перед выбросом отработанного газа устанавливается специальное устройство (например, влагоуловитель или конечное сухое поле).

##### Техническое описание

Улавливание частиц с помощью мокрых скрубберов предусматривает использование трех основных механизмов: инерционное столкновение, задержание и рассеивание. Большое значение имеют размер собираемых частиц, а также их способность к смачиванию. Схема устройства радиального мокрого скруббера приведена на рисунке ниже.

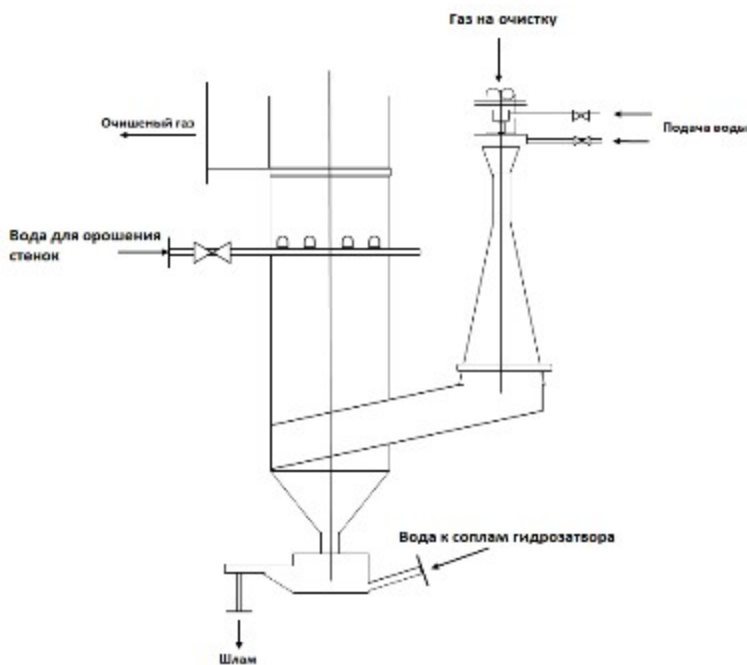


Рисунок 5.33. Радиальный мокрый скруббер

Мокрые скрубберы используются для охлаждения, насыщения и предварительной очистки газа, например, когда установлены перед мокрыми электрофилтрами. Отличительной их особенностью является захват улавливаемых частиц жидкостью, которая уносит их из аппаратов в виде шлама. В качестве орошающей жидкости в мокрых пылеуловителях чаще всего используется вода. При совместном пылеулавливании и химической очистке газов выбор орошающей жидкости (абсорбента) обуславливается процессом абсорбции.

Мокрые аппараты имеют следующие достоинства: простоту конструкции и сравнительно невысокую стоимость; более высокую эффективность по сравнению с сухими механическими пылеуловителями инерционного типа; меньшие габариты по сравнению с рукавными фильтрами и электрофильтрами; возможность использования при высокой температуре и повышенной влажности газов; улавливания вместе с взвешенными твердыми частицами паров и газообразных компонентов. Типичные примеры: скруббер Вентури или радиальный скруббер с регулируемым падением давления.

Простейший скруббер Вентури включает трубу Вентури и прямоточный циклон.

Труба Вентури состоит из служащего для увеличения скорости газа конфузора, в котором размещают оросительное устройство, горловины, где происходит осаждение частиц пыли на каплях воды, и диффузора, в котором протекают процессы коагуляции, а также за счет снижения скорости восстанавливается часть давления, затраченного на создание высокой скорости газа в горловине. В каплеуловителе тангенциального ввода газа создается вращение газового потока, вследствие чего смоченные и укрупненные частицы пыли отбрасываются на стенки и непрерывно удаляются из каплеуловителя в виде шлама.

В центробежных скрубберах одновременно с охлаждением газов происходит адсорбция из них  $SO_2$ . Вследствие низкой степени очистки центробежные скрубберы типа ЦС-ВТЦ как пылеулавливающие аппараты в настоящее время не применяются, однако они широко используются в качестве каплеуловителей в скрубберах Вентури. В этом случае вода на орошение не подается.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Аппараты мокрого пылеулавливания проще по конструкции, но при этом обладают эффективностью, присущей наиболее сложным сухим пылеуловителям. Их легко изготовить непосредственно на химическом предприятии; как правило, они не имеют подвижных узлов, которыми часто оснащены сухие пылеуловители (например, узлы встряхивания в рукавных фильтрах).

Достоинствами мокрых пылеуловителей, по сравнению с аппаратами сухого типа:

более высокая эффективность улавливания взвешенных частиц;

возможность очистки газов от более мелких частиц (в лучших мокрых аппаратах удается удалять частицы с размерами порядка 0,1 мкм);

допустимость очистки газов при высокой температуре и повышенной влажности.

Недостатки:

выделение уловленной пыли в виде шлама, что связано с необходимостью обработки сточных вод, то есть с удорожанием процесса;

возможность уноса капель жидкости и осаждения их с пылью в газоходах и дымососах;



в случае очистки агрессивных газов необходимость защищать аппаратуру и коммуникации антикоррозионными материалами. В качестве орошающей жидкости в мокрых пылеуловителях чаще всего применяется вода; при одновременном решении вопросов пылеулавливания и химической очистки газов выбор орошающей жидкости (абсорбента) обуславливается процессом абсорбции.

В результате контакта запыленного газового потока с жидкостью в мокрых пылеуловителях образуется межфазная поверхность контакта. В различных аппаратах характер поверхности контакта фаз различный: она может состоять из газовых струек, пузырьков, жидкостных струй, капель, пленок жидкости. Поскольку в пылеуловителях наблюдаются различные виды поверхностей, то пыль улавливается в них по различным механизмам.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Скрубберы Вентури могут работать с высокой эффективностью (96 – 99 % на пылях со средним размером частиц 1 – 2 мкм) и улавливать высокодисперсные частицы пыли (вплоть до субмикронных размеров) в широком диапазоне ее начальной концентрации в газе: 0,05 – 100 г/м<sup>3</sup>. При работе в режиме тонкой очистки скорость газов в горловине должна поддерживаться в пределах 100 – 150 м/с, а удельный расход воды – в пределах 0,5 – 1,2 дм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Это обуславливает необходимость большого перепада давления ( $\Delta p = 10 \div 20$  кПа) и, следовательно, значительных затрат энергии на очистку газа. Степень улавливания SO<sub>2</sub> водой обычно составляет 40 – 50 %. [70]

#### **Кросс-медиа эффекты**

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения сброса металлов и других веществ в водные объекты.

#### **Технические соображения, касательно применимости**

Применимо при модернизации и новом строительстве. Скрубберы фильтруют частицы с диаметром от 0.5 микрон, что в 60 раз меньше, чем может фильтровать инерционная вихревая система аспирации. Благодаря мокрому способу очистки снижается взрыво- и пожароопасность на данных предприятиях, что приводит к более надежным и стабильным условиям труда.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.7.5. Применение рукавных фильтров**

#### **Описание**

Очистка отходящих газов от пыли путем пропуска через плотно сплетенную или войлочную ткань, в результате чего твердые частицы собираются на ткани путем просеивания или другими способами.

### Техническое описание

Рукавные фильтры изготавливаются из пористой тканой или войлочной ткани, через которую пропускаются газы для удаления частиц. Использование рукавного фильтра требует выбора ткани, подходящей для характеристик отходящего газа и максимальной рабочей температуры. Обычно рукавные фильтры классифицируются в соответствии с методом очистки фильтрующего материала. Необходимо регулярно удалять пыль из ткани для поддержания эффективности экстракции.

Наиболее распространенными методами очистки являются обратный воздушный поток, механическое встряхивание, вибрация, пульсация воздуха под низким давлением и пульсация сжатого воздуха. Акустические ковши также используются для очистки фильтрующих рукавов. Стандартные механизмы очистки не обеспечивают возвращение рукава в первоначальное состояние, так как частицы, осевшие в глубине ткани, уменьшают размер пор между волокнами, хотя это обеспечивает высокую эффективность очистки субмикронных паров.

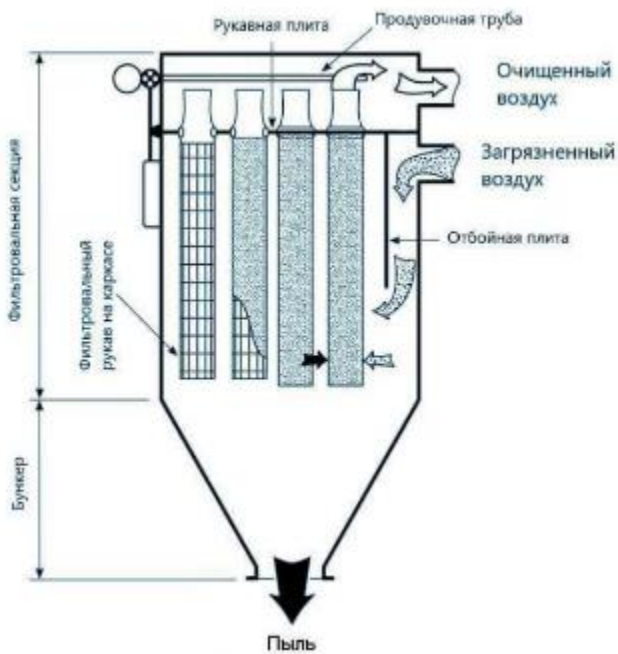


Рисунок 5.34. Конструкция рукавного фильтра

Эффективность очистки в рукавных фильтрах в основном зависит от свойств фильтровальной ткани, из которой изготавливаются рукава аппарата, а также от того, в какой мере эти свойства соответствуют свойствам очищаемой среды и взвешенных в

ней частиц. При выборе ткани необходимо учитывать состав газов, природу и размер частиц пыли, способ очистки, требуемую эффективность и экономические показатели. Также учитывается температура газа, способ охлаждения газа, если таковой имеется, образующийся водяной пар и точка кипения кислоты. В таблице 5.7 представлены типы тканей, широко используемых при очистке.

Таблица 5.7. Сравнение различных систем рукавных фильтров

№ п/п	Параметр	Ед. изм.	Фильтр с импульсной очисткой	Мембранный фильтр из стекловолокна	Фильтр из стекловолокна
1	1	2	3	4	5
1	Тип рукава	-	Полиэстер	Мембрана/ стекловолокно	Стекловолокно
2	Размер рукава	м	0,126 x 6	0,292 x 10	0,292 x 10
3	Площадь ткани на рукав	м <sup>2</sup>	2	9	9
4	Корпус	-	Да	Нет	Нет
5	Перепад давления	кПа	2	2	2,5
6	Отношение воздуха к ткани	м/ч	80 – 90	70 – 90	30 – 35
7	Интервал рабочей температуры	°С	250	280	280
8	Срок эксплуатации рукава	месяцев	До 30	72 – 120	72 – 120

Существует несколько различных конструкций рукавных фильтров, в которых используются различные виды фильтрующих материалов. Использование технологий мембранной фильтрации (поверхностная фильтрация) приводит к дополнительному увеличению срока службы, увеличению пределов температуры (до 260 °С) и относительно низким затратам на техническое обслуживание. Мембранные фильтрующие рукава состоят из ультратонкой мембраны из расширенного политетрафторэтилена (ПТФЭ), встроенной в материал основы. Частицы в потоке отходящего газа улавливаются на поверхности рукава. Вместо формирования осадка на внутренней части или проникновения в ткань рукава, частицы отталкиваются от мембраны, образуя тем самым меньший по объему осадок.

Синтетические фильтрующие ткани, такие как тефлон/стекловолокно, позволяют использовать рукавные фильтры в широком спектре процессов, обеспечивая длительный срок службы. Эффективность современных фильтрующих материалов при высоких температурах или в условиях абразивности достаточно высока, и

производители тканей могут оказать помощь в определении материала для конкретного применения. При использовании подходящей конструкции для соответствующего типа пыли в особых случаях может быть обеспечен очень низкий уровень выбросов пыли. Более высокая надежность и более длительный срок службы компенсируют расходы на современные рукавные фильтры. Достижение низких уровней выбросов пыли имеет важное значение, поскольку пыль может содержать значительные уровни металлов. Чтобы предотвратить утечку неочищенных газов в атмосферу, необходимо учитывать влияние деформации распределительных коллекторов и надлежащую герметизацию рукавов.

По причине возможного забивания фильтров в определенных условиях (например, в случае липкой пыли или при использовании в воздушных потоках при температуре конденсации) и чувствительности к огню, они подходят не для всех целей применения. Фильтры также могут использоваться вместе с существующими рукавными фильтрами и могут подвергаться модернизации. В частности, система уплотнения рукава может быть улучшена во время ежегодного технического обслуживания, а фильтрующие рукава могут быть заменены более современными материалами в соответствии со стандартными графиками замены, что также может снизить будущие затраты.

Самым распространенным типом используемых фильтров являются рукавные фильтры в виде мешков, при этом несколько отдельных фильтрующих элементов из ткани размещаются вместе в группе. Рукавные фильтры также могут быть в виде листов или картриджей.

Фильтр состоит из нескольких секций, часть из которых работает в режиме фильтрации очищаемого газа, а часть – в режиме регенерации, т. е. удаления осевшей на рукавах пыли. В режиме очистки запыленный газ фильтруется через поры рукава, а пыль осаждается на его поверхности. Со временем гидравлическое сопротивление рукава с накопленным на нем слоем пыли увеличивается, и эффективность осаждения возрастает. При этом пропускная способность фильтра по газу существенно снижается, и секцию отключают на регенерацию для удаления пыли механическим (встряхиванием, скручиванием) и (или) аэродинамическим (импульсной продувкой сжатым воздухом) способами. Поток газа, подлежащего обработке, может направляться либо изнутри рукава наружу, либо снаружи рукава вовнутрь. В случае содержания в поступающих отработанных относительно крупных частиц, для снижения нагрузки на рукавный фильтр, особенно при высокой концентрации частиц на входе, для дополнительной предварительной очистки могут использоваться механические коллекторы (циклоны, электростатические фильтры и др.).

Особое внимание уделяется выбору фильтрующего материала и надежности системы крепления и уплотнения. Проведение надлежащего технического обслуживания. Современные фильтрующие материалы, как правило, являются более прочными и имеют более длительный срок службы. В большинстве случаев

дополнительные затраты на современные материалы компенсируются продолжительным сроком службы.

Рабочая температура выше точки конденсации газа. Термостойкие рукава и крепления используются при более высоких рабочих температурах.

Непрерывный контроль содержания пыли путем улавливания и использования оптических или трибоэлектрических устройств для обнаружения поломок фильтра. При необходимости устройство должно взаимодействовать с системой очистки фильтра для обнаружения отдельных секций, содержащих изношенные или поврежденные рукава.

Использование газового охлаждения и искрового гашения, если это необходимо. Циклоны считаются подходящими устройствами для искрового гашения. Большинство современных фильтров расположены в нескольких отсеках, поэтому в случае необходимости поврежденные отсеки могут быть изолированы.

Мониторинг температуры и искрообразования может применяться для обнаружения пожаров. На случай возникновения опасности воспламенения могут быть предусмотрены системы инертных газов или добавлены инертные материалы (например, гидроокись кальция) к отходящему газу. Чрезмерный перегрев ткани сверх расчетных пределов может вызвать токсичные газообразные выбросы.

Необходимо отслеживать перепад давления для контроля механизма очистки.

Рукавные фильтры широко применяются в странах северной и южной Америки, Европы, Африки, Азии, Австралии, России. К примеру, в России внедрены на предприятиях ООО "Сибэлкон", ЗАО "Кондор-Эко", ПАО "Гайский ГОК", с эффективностью очистки от пыли до 95 %.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов пыли. Удаление твердых частиц размером до 2,5 мкм.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Удаления определенных газообразных загрязняющих веществ, возможно в случае сочетания их с системами, расположенными после пылеуловительной камеры с рукавными фильтрами и связанными с внесением дополнительных материалов, в том числе с адсорбцией и сухим вдуванием извести/бикарбоната натрия. При использовании рукавных фильтров отсутствует необходимость очистки шламов и сточных вод.

### **Кросс-медиа эффекты**

Фильтровальную ткань, если ее регенерация невозможна, следует заменять через каждые 2 – 4 года (срок службы зависит от различных факторов). Падение давления, которое следует компенсировать за счет подкачки, приводящей к дополнительному энергопотреблению. Поскольку рукавные фильтры очень эффективно улавливают тонкодисперсные частицы, они также эффективно уменьшают выбросы тяжелых металлов, которые содержатся в пыли дымовых газов в виде субмикронных частиц.

Дополнительно возможно увеличение расхода сжатого воздуха для цикла очистки.

При проведении технического обслуживания могут возникать дополнительные отходы.

#### **Технические соображения, касательно применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.7.6. Применение фильтров с импульсной очисткой**

#### **Описание**

Импульсный рукавный фильтр предназначается для очищения воздушных масс от различных мелкодисперсных пылевых скоплений. В этих приборах вмонтирована система регенерации импульсного продувания сжатыми воздушными массами. В качестве очистительного элемента выступают рукава на металлических опорах.

#### **Техническое описание**

Для предотвращения падения эффективности очистки из-за накопления слоя пыли на поверхности рукава применяется импульсная продувка рукавных фильтров. Ее использование обеспечивает регенерацию работоспособности оборудования и исключение снижения эффективности очистки.

Описание конструктивных элементов делает понятным принцип работы рукавного фильтра.

Запыленный поток подводится во входной клапан аппарата. В зависимости от имеющейся инфраструктуры могут использоваться вспомогательные элементы – пневмонасосы, компрессоры, напорные вентиляторы, иные нагнетатели. В случае обработки высокотемпературного потока может быть реализовано подмешивание в фильтр чистого прохладного / атмосферного воздуха.

Воздухоток контактирует с внешней поверхностью плотных нетканых рукавов, при этом частички пыли оседают снаружи мешков, в то время как чистый воздух проходит внутрь каркасов и попадает в чистую камеру, откуда выводится в производственное помещение или во внешнюю атмосферу.

По мере оседания пылевых включений на поверхности рукавов, воздуху становится все сложнее "пробиться" сквозь нарастающую механическую преграду, и производительность аппарата падает – необходима регенерация рукавов.

В зависимости от имплементированной системы регенерации производится обратная импульсная продувка, встряхивание или другое воздействие на фильтр-элементы, что позволяет освободить их поверхность от пыли и восстановить номинальный КПД устройства;

Пыль опадает в бункер, цикл повторяется.

Все пылеулавливатели выгодно отличаются следующим диапазоном технических характеристик:

производительность по среде – до 100 000 м<sup>3</sup> /час;

дисперсность / размер улавливаемой пыли > 0.5 мкм;

работа с воздушными потоками любой степени запыленности;

ударный импульсный метод самоочистки рукавов – бесперебойность, высокая скорость и эффективность удаления пыли с картриджом благодаря использованию плоских сопел Вентури специальной конструкции;

фильтрующий материал – нетканое иглопробивное волокно;

возможность обработки потоков с температурой до 200 градусов Цельсия;

автоматизация системы управления аппаратом через электронный контроллер;

опционально – установка контроллер-совместимого дифференциального манометра для управления агрегатом;

опционально – установка вибросистемы на пылесборный бункер – для исключения налипания на стенки высокоадгезионной пыли. Возможно оборудование бункера шнеком для непрерывной выгрузки пыли;

надежность, компактность и долговечность.

Пример применения фильтров с импульсной очисткой: Китай, Россия, Австралия. К примеру, в Австралии внедрены на предприятиях "Vulga Coal", с эффективностью очистки от пыли 85 %.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов пыли.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Эффективность обеспыливания – до 99.9 % (при соблюдении правил эксплуатации и надлежащей наладке / настройке фильтра).

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения, касательно применимости**

Применимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.8. НДТ, направленные на предотвращение и снижение сбросов сточных вод**

#### **5.2.8.1. Управление водным балансом горнодобывающего предприятия**

##### **Описание**

Предприятия горнодобывающей промышленности, относятся к числу производств, которые загрязняют окружающую среду сточными водами. В результате их работы происходит истощение запасов подземных вод в ходе осушения и эксплуатации месторождений, а также загрязнение поверхностных вод сбросами карьерных, шахтных и промышленных неочищенных сточных вод.

В данном разделе описаны техники и/или совокупность техник, применяемых для снижения и предотвращения сбросов сточных вод.

### **Техническое описание**

Эффективное управление водными ресурсами имеет важнейшее значение для большинства видов деятельности по добыче и обогащению полезных ископаемых, и данный аспект должен тщательно рассматриваться в ходе каждого цикла строительства и эксплуатации горного предприятия – от предварительного согласования и производства до вывода из эксплуатации и закрытия. Для охраны водных ресурсов от воздействия сточных вод и управлению их балансом при процессах добычи и обогащения необходимо выполнение таких мероприятий:

- разработка водохозяйственного баланса горнодобывающего предприятия;
- внедрение системы оборотного водоснабжения и повторного использования воды в технологическом процессе;
- сокращение водопотребления в технологических процессах;
- гидрогеологическое моделирование месторождения;
- внедрение систем селективного сбора шахтных и карьерных вод;
- использование локальных систем очистки и обезвреживания сточных вод.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение объемов водопотребления на технологические нужды.

Рациональное использование водных ресурсов.

Снижение количества энергоресурсов, используемых для выдачи сточных вод.

Снижение количества химических реагентов, используемых для дальнейшей очистки сточных вод.

Сокращение объемов или полное исключение сброса сточных вод и концентраций в них загрязняющих веществ.

Снижение биогенной нагрузки на принимающие воды (например, реки, каналы и другие поверхностные водные ресурсы).

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Разработка водохозяйственного баланса горнодобывающего предприятия с целью управления водопритокom шахтных и карьерных вод, водопотреблением и водоотведением технологических процессов и операций по добыче и обогащению полезных ископаемых, предусматривает:

- перспективный водопристок шахтных и карьерных вод;



возможные изменения режима водопотребления и водоотведения, осушения и водопонижения, в увязке с водохозяйственным балансом;

предотвращение истощения и загрязнения водоносных горизонтов и поверхностных водных объектов;

рациональную организацию водопользования с минимальным объемом потребления свежей воды в технологических процессах;

возможность рециркуляции, очистки отработанной воды и повторного ее использования;

учет водохозяйственной обстановки на прилегающих территориях с целью выявления уязвимых компонентов (малых рек и ручьев, водно-болотных угодий и др.), зависимости местного населения от местных водных ресурсов.

Управление водным балансом горнодобывающего предприятия позволяет учитывать возможные изменения водопритока в горные выработки и водопользования, своевременно перераспределять потоки с целью регулирования гидравлических и других нагрузок на сети и сооружения, рационально использовать водные ресурсы.

Система оборотного водоснабжения обеспечивает многократное использование оборотной воды в технологическом процессе (например, бессточное хвостовое хозяйство с замкнутым водным циклом). Выбор схем оборотного водоснабжения определяется технологическим процессом, техническими условиями к качеству воды. Это позволяет сократить забор воды из природных источников (забор воды необходим только на подпитку системы), сократить объем или полностью исключить сброс сточных вод.

Повторное (последовательное) использование технической воды заключается в употреблении воды, использованной в одном производственном процессе, на другие технологические нужды. Например, вода, нагретая в процессе охлаждения оборудования компрессорной станции, может использоваться в системе отопления или на промывку оборудования перед ремонтом; ливневые сточные воды могут использоваться в процессах пылеподавления, для полива растений, для мойки дорожной техники и т. д. Техника позволяет сократить забор воды из природных источников на технологические нужды.

Учитывая идентичность процессов водоотведения и водоотлива с предприятиями угольной промышленности, может стать полезным опыт Индии в использовании сточных вод шахт. Угольные компании Индии успешно используют шахтные воды – как из действующих, так и из заброшенных шахт. Наиболее яркими примерами реализации проектов являются следующие:

вода из шахты NLCIL подается в столичный департамент Ченнаи по трубопроводу длиной 200 км для питьевых нужд. Две насосные станции поставляют в Ченнаи примерно 19611 тысяч л в день, и эта подача очень помогает удовлетворить потребность в воде, особенно летом;

поставка бутилированной воды от WCL – Coal Neer. Установка обратного осмоса (10 000 литров / час) была установлена на руднике и включает поэтапный процесс осаждения, фильтрацию через и обработку через установку обратного осмоса с последующей УФ-обработкой;

кроме того, вводится фасованная питьевая вода "COAL NEER" с установкой завода по розливу RFC (мощность – 15000 бутылок в сутки), получившая сертификацию BIS& FSSAI. "COAL NEER" предлагается продавать по цене 7 рупий и 10 рупий за бутылку объемом 500 мл и 1 литр соответственно.

WCL заключила меморандум с MAHAGENCO о предоставлении избыточной шахтной воды в размере 107,6 тысяч кубометров в год для удовлетворения промышленных потребностей в воде для ТЭС. Ранее потребность ТЭС в воде покрывалась Пенчским ирригационным водохранилищем. Теперь сэкономленная вода из водохранилища Пенч используется для удовлетворения растущего спроса на воду в городе Нагпур. [71]

Применение водосберегающих или безводных технологий, характеризующихся низким потреблением воды либо ее полным отсутствием, что позволяет сократить забор воды из природных источников на технологические нужды. Например, дозированная подача воды в производство, автоматическое отключение воды при остановке технологического процесса, кроме процессов охлаждения оборудования.

Разработанная и откалиброванная гидрогеологическая модель позволяет спрогнозировать величины притоков в выработки, в том числе на разные моменты времени в пределах горизонта планирования и на различных горизонтах. Ввиду того, что с течением времени притоки имеют тенденцию к снижению, разработка модели может позволить обосновать постепенную оптимизацию задействованного водоотливного оборудования. При оценке запасов подземных вод гидрогеологическое моделирование позволяет учесть сложную внутреннюю структуру подземной гидросферы, включая гидравлическую связь между водоносными горизонтами и между подземными и поверхностными водами, а также сложные граничные условия

Для района влияния объектов Стойленского ГОКа НТЦ "НОВОТЭК" в 2005 году разработал компьютерную модель фильтрации подземных вод, которая постоянно обновляется и пополняется новыми результатами изысканий и геоэкологического мониторинга подземных вод.

Система отдельного сбора сточных вод заключается в разделении потоков сточных вод по степени и видам загрязнений для проведения локальной очистки оптимальным способом, максимального возврата в процесс очищенной воды; снижения гидравлической нагрузки на очистные сооружения. Техника позволяет сократить объем сброса сточных вод в водные объекты. [72]

### **Кросс-медиа эффекты**

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов на организацию системы водооборотного потребления воды.

Затраты на мониторинг качества воды и выявление загрязняющих веществ.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленные методы (конструктивные и технические решения), применимы при технической возможности и экономической целесообразности, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности. Ограничения, связанные с: особенностями технологического процесса; техническими возможностями, конструктивными особенностями производственных объектов; климатическими условиями; качественным составом и объемом сточных вод.

#### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.8.2. Снижение водоотлива карьерных и шахтных вод**

#### **Описание**

Поступление воды в выработки характеризуют водоприток. Общий водоприток складывается из притока подземных и поверхностных вод, атмосферных осадков и технической воды, применяющейся в технологических процессах.

#### **Техническое описание**

Техника заключается в сокращении воздействия на подземные воды и снижении гидравлической нагрузки на очистные сооружения и водные объекты путем применения отдельно или совместно следующих технических решений:

применение рациональных схем осушения карьерных и шахтных полей;

использование специальных защитных сооружений и мероприятий от поверхностных и подземных вод, таких как водопонижение и/или противодиффузионные завесы и др.;

оптимизация работы дренажной системы;

изоляция горных выработок от поверхностных вод путем регулирования поверхностного стока;

отвод русел рек за пределы горного отвода;

недопущение опережающего понижения уровней подземных вод;

предотвращение загрязнения шахтных и карьерных вод в процессе откачки.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Рациональное использование водных ресурсов.

Сокращение объемов сточных карьерных и шахтных вод.

Снижение биогенной нагрузки на принимающие воды (например, реки, каналы и другие поверхностные водные ресурсы).

## **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

В горной практике для осушения карьерных и шахтных полей применяются поверхностный, подземный и комбинированный способы.

Для осушения и защиты горных выработок от поверхностных и подземных вод применяются: водопонижающие скважины, оборудованные глубинными насосами; вакуумное водопонижение; подземные системы осушения, (дренажные штреки с фильтрами и колодцами и т. п., в период эксплуатации подземного месторождения функции дренажных выполняют также основные горные выработки); самоизливающие и поглощающие скважины; иглофильтровые установки; прибортовой дренаж; дренажные зумпфы, траншеи, каналы (в том числе, закрытые) и т. п.

На ОАО "Стойленский ГОК" осушение карьера ведется подземным дренажным комплексом – Дренажной шахтой на глубине более 200 м, перехватывающим основную часть потока подземных вод за пределами карьера по его контуру, и внутрикарьерными прибортовыми дренами – они перехватывают "проскок" подземных вод, выходящих на откосы карьера. Протяженность выработок Дренажной шахты достигает 56 км. В эксплуатации – 260 восстающих дренажных скважин. Откачка всех дренажных вод и атмосферных осадков производится главным водоотливом шахты. Производительность водоотлива достигает 7200 м<sup>3</sup>/ч. Для этого главный водоотлив оборудован 11 насосами ЦНС 850 – 240. Обоснованная "НОВОТЭК" возможность использовать дренажные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения СГОК покрыла его потребность в чистой воде. Реализация водоснабжения выполнена 5 насосами ЦНС 300x300. Опыт эксплуатации системы осушения карьера и проектные решения по развитию дренажных работ на карьере СГОКа убедительно доказывают правильность выбранной стратегии защиты месторождения от подземных и поверхностных вод, ориентированной на подземный способ осушения. [72]

Выбор видов и систем защиты горных выработок, типов защитных сооружений, устройств и мероприятий должен учитывать изменяющиеся с течением времени, по мере разработки месторождения, производственные и природные условия, форму и размеры защищаемого пространства.

Системы защиты, их развитие, конструкции защитных сооружений и устройств, защитные мероприятия должны быть взаимоувязаны с системами, методами и развитием разработки месторождения.

Регулирование поверхностного стока дождевых, талых и технических вод производится в пределах шахтного поля и самого разреза (площадок уступов, откосов, дна), а также в пределах некоторой полосы вокруг разреза.

Мероприятия по регулированию поверхностного стока сводятся к устройству нагорных и водоспускных канав, планировке территории вокруг разреза (с приданием

поверхности уклона в сторону нагорных канав), а также к планировке площадок уступов.

Система отвода дождевых, талых и технических вод должна увязываться со всей системой дренажа месторождения; при этом в ряде случаев оказывается целесообразным применение единых водоотливных средств путем использования общих водосборников и насосов, устройства водосбросных скважин и т. д.

Отвод и осушение рек и водных коллекторов (озер, прудов, болот) применяется в тех случаях, когда обводнение разреза или шахты за счет поступления вод из них достаточно существенно. Реку или ручей отводят в новое забетонированное русло, также эффективным является отвод речных вод по трубам. Если русло реки проходит по слабопроницаемым покровным отложениям, то иногда бывает возможно отказаться от бетонирования, что должно подтверждаться фильтрационным расчетом.

### **Кросс-медиа эффекты**

Финансовые затраты. Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Противофильтрационные завесы, в отличие от водопонижения, не влекут за собой образования загрязненных стоков и истощения ресурсов подземных вод и не вызывают деформаций горных пород, земной поверхности и сооружений в районе защищаемых объектов.

Высокие капитальные и эксплуатационные затраты, необходимость проведения и поддержания в рабочем состоянии горных выработок при подземном способе осушения на разрезах.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленные методы общеприменимы, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Применимость способов осушения определяется исходя из горно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разрабатываемого месторождения.

Целесообразность отвода и изоляции постоянного коллектора обосновывается технико-экономическим расчетом, путем сопоставления стоимости отвода и тех дренажных мероприятий, которые нужно осуществить для обеспечения нормального хода горных работ на весь период эксплуатации месторождения.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

## **5.2.8.3. Управление поверхностным стоком территории наземной инфраструктуры**

Описание

Методы или их совокупность для снижения негативного воздействия на водные объекты.

#### Техническое описание

Технологические операции по управлению поверхностным стоком включают:

организацию системы сбора и очистки поверхностных сточных вод с породных отвалов;

перекачку сточных вод из гидротехнических сооружений при отвалах в хвостохранилище;

отведение поверхностного стока с ненарушенных участков в обход нарушенных участков, в том числе и выровненных, засеянных или озелененных, что позволит минимизировать объемы очищаемых сточных вод;

очистку поверхностного стока с нарушенных и загрязненных участков территории с повторным использованием очищенных сточных вод на технологические нужды;

организацию ливнестоков, траншей, канав надлежащих размеров; оконтуривание, террасирование и ограничение крутизны склонов; применение отмостков и облицовок с целью защиты от эрозии;

организацию подъездных дорог с уклоном, оснащение дорог дренажными сооружениями;

выполнение фитомелиоративных работ биологического этапа рекультивации, осуществляемых сразу же после создания корнеобитаемого слоя с целью предотвращения эрозии.

#### Достигнутые экологические выгоды

Использование перечисленных техник позволяет: сократить риск загрязнения почв, подземных и поверхностных вод, обусловленный инфильтрацией загрязненных поверхностных сточных вод с территории породных отвалов угледобывающих предприятий; снизить негативное воздействие на водные объекты за счет сокращения объема сброса загрязненных сточных вод в водный объект.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Техника предусматривает управление ливневыми и талыми сточными водами территории наземной инфраструктуры горнодобывающего предприятия с учетом особенности размещения предприятия и его специфики с целью сведения к минимуму попадания ливневых и талых сточных вод на загрязненные участки, отделения чистой воды от загрязненной, предотвращения эрозии незащищенных участков почвы, предотвращения заиливания дренажных систем.

Организация системы водоотводных канав по контуру внешних отвалов вскрышных и вмещающих пород с учетом особенности территории размещения предприятия и его специфики, первичное осветление поверхностных сточных вод в оборудованном отстойнике и, при необходимости, их дальнейшая доочистка на локальных комплексах очистки сточных вод.

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимы, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

#### **5.2.8.4. Очистка ливневых и производственных вод**

Существующие методы очистки можно разделить на четыре группы:

механические – усреднение, процеживание, отстаивание (осветление), фильтрование;

химические – нейтрализация и окисление;

биологические – аэробное окисление и анаэробное сбраживание;

физико-химические – флотация, сорбция, электрохимические (электрокоагуляция, электролиз, электродиализ), экстракция, ионных обмен, мембранные методы, термические методы (вываривание и испарение, сжигание, сушка осадка и др.), аэрация, кристаллизация и др. Механические методы применяются для очистки ПСВ от крупных загрязнений: проволоки, ветоши, кусков дерева, угля, а также песка, земли, окалина, взвешенных органических веществ, масел и нефтепродуктов и прочие.

Химические методы применяются для нейтрализации кислых и щелочных стоков, очистки от растворенных в воде солей тяжелых металлов (хрома, кадмия, свинца и др.), цианидов, фенола, крезола.

Физико-химические методы применяют для очистки ПСВ от любых видов загрязняющих веществ в растворенном, взвешенном, коллоидном и других видах состояния.

Биологические методы применяются для очистки ПСВ от растворенных в воде органических загрязняющих веществ (фенолов, роданидов и др.), бытовых сточных вод после бань и прачечных, пищеблоков и др.

##### **5.2.8.4.1. Осветление и отстаивание**

###### **Описание**

Отстаивание является наиболее простым и часто применяемым в практике способом выделения из сточных вод грубодисперсных примесей, которые под действием гравитационной силы оседают на дно отстойника или всплывают на его поверхность. Первичными называются отстойники перед сооружениями для биологической очистки сточных вод; вторичными – отстойники, устраиваемые для осветления сточных вод, прошедших биологическую очистку.

## Техническое описание

Суть метода отстаивания состоит в том, что одни примеси оседают на дно, а другие поднимаются на поверхность, это зависит от плотности примеси в сравнении с плотностью воды. Как правило, отстаивание сточных вод в течение 6 – 24 часов позволяет удалить из сточных вод до 95 % взвешенных веществ. Отстойники бывают горизонтальные и вертикальные. В горизонтальных отстойниках поток сточных вод движется горизонтально, а в вертикальном отстойнике вертикально: снизу-вверх. Основными преимуществами горизонтальных отстойников являются: малая глубина, хороший эффект очистки, возможность использования одного сгребającego устройства для нескольких отделений. К недостаткам их относится необходимость применения большего числа отстойников вследствие ограниченной ширины. На рисунке 5.35 представлен горизонтальный отстойник.

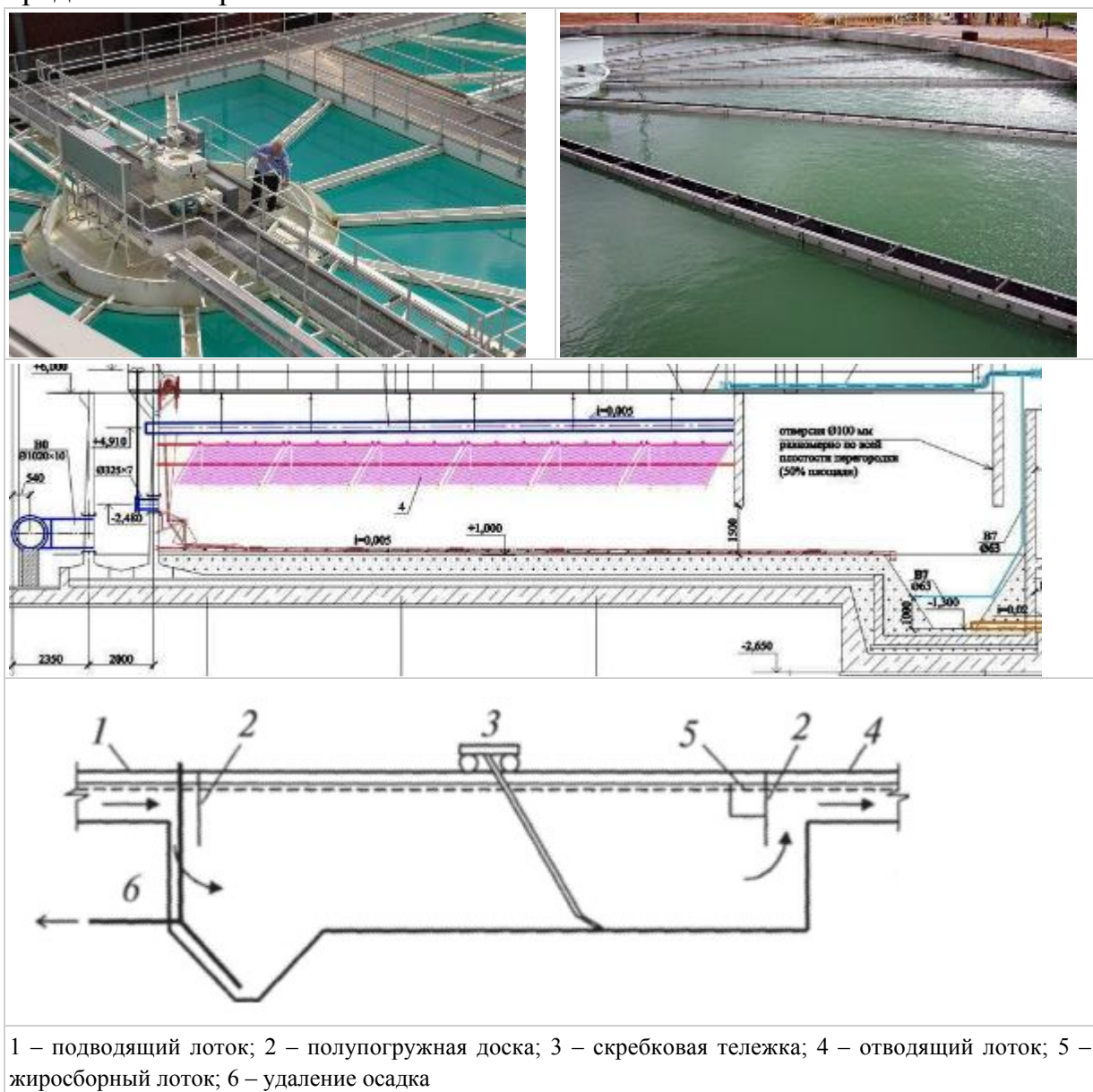


Рисунок 5.35. Горизонтальный отстойник



Вертикальные отстойники имеют преимущества по сравнению с горизонтальными; к числу их относятся удобство удаления осадка и меньшая площадь, занимаемая сооружением. Однако они имеют и ряд недостатков, из которых можно отметить: а) большую глубину, что повышает стоимость их строительства, особенно при наличии грунтовых вод; б) ограниченную пропускную способность, так как диаметр их не превышает 9 м. Осадок из вертикальных отстойников удаляют под действием гидростатического давления. Влажность осадка 95 %.

Преимуществами механического фильтрования являются простота аппаратного оформления, эффективная очистка от взвешенных веществ. Недостатком механического фильтрования является то, что при механической фильтрации их сточных вод не удаляются растворенные примеси.

Осадок из отстойников удаляется под гидростатическим давлением и с помощью различных механизмов (скребков, насосов, элеваторов и др.).

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение в сбросах взвешенных веществ до 95 %.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В осветлителях достигается снижение концентрации загрязнений на 70 % – по взвешенным веществам и на 15 % – по БПК за счет совмещения процессов осаждения, хлопьеобразования и фильтрации сточной воды через слой взвешенного осадка.

Достижимый в производственных условиях эффект снижения концентрации взвешенных веществ не превышает 50 – 60 %. [73]

Кросс-медиа эффекты

Недостатком горизонтальных отстойников является неудовлетворительная надежность работы используемых в них механизмов для сгребания осадка тележечного или цепного типа, особенно в зимний период. Кроме того, горизонтальные отстойники как прямоугольные сооружения при прочих равных условиях имеют более высокий (на 30 – 40 %) расход железобетона на единицу строительного объема, чем радиальные отстойники.

Недостатком вертикальных первичных отстойников являются простота большая глубина сооружений, что ограничивает их максимальный диаметр – 9 м, а также невысокая эффективность осветления воды (обычно не превышающая 40 % по снятию взвешенных веществ).

Технические соображения, касательно применимости

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод. На шахте "Шерегешская" (2021) установлено оборудование, которое предназначено для очистки шахтных сточных вод на выпуске в реку Большой Унзас. Очистка воды происходит за счет отстаивания и добавления реагентов. Очистка по взвешенным веществам, шламу и песку, достигает 98 %, по нефтепродуктам – 90 %. [74]

Экономика

Основные факторы, влияющие на цену очистных сооружений:

требования к качеству очищенной воды и качественный состав загрязненных сточных вод;

уровень автоматизации;

производительность очистных сооружений.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

#### **5.2.8.4.2. Фильтрация**

##### **Описание**

Фильтрация представляет собой отделение твердых частиц от сточных вод, проходящих через проницаемую среду. Наиболее распространенной фильтрующей средой является песок.

##### **Техническое описание**

Как правило, методы фильтрации применяются для выделения твердых частиц из жидкости, а также в качестве последнего этапа осветления в процессе очистки сточных вод. Установка осуществляется между этапами отстаивания и заключительного контроля для удаления твердых частиц размером 0,001 – 0,02 мкм, оставшихся после предыдущего этапа очистки. Фильтрация может выполняться с использованием самых разных фильтрующих систем в зависимости от типа твердых частиц, подлежащих удалению.

Обычная фильтрующая установка состоит из слоя фильтрующего материала или материалов, через который проходят жидкие стоки. Тонкие частицы, которые не могут пройти через фильтрующую среду, образуют фильтрационный кек, который необходимо постоянно или периодически удалять, например, путем обратной промывки, чтобы исключить значительные перепады давления. При низком уровне перепада давления сточные воды подаются на фильтрацию под действием гравитации.

Песчаные фильтры предназначены для механического удаления взвешенных твердых частиц или полутвердых материалов, например осадков или гидроксидов металлов. Очистка сточных вод путем песчаной фильтрации осуществляется благодаря комбинации эффектов фильтрации, химической сорбции и ассимиляции. Песчаные фильтры иногда используются в качестве сосуда под давлением, заполненного слоями песка, зернистость которого повышается по мере увеличения глубины. Изначально фильтрационный кек может способствовать повышению эффективности фильтрации, особенно в отношении мелких частиц. По истечении некоторого времени фильтрующий песчаный слой необходимо подвергать обратной промывке. Песчаные фильтры зачастую применяются для дополнительной очистки воды, сбрасываемой из

замкнутого цикла, или стоков, которые затем могут использоваться в качестве технической воды. Схема устройства стандартного песчаного фильтра приведена на рисунке ниже.

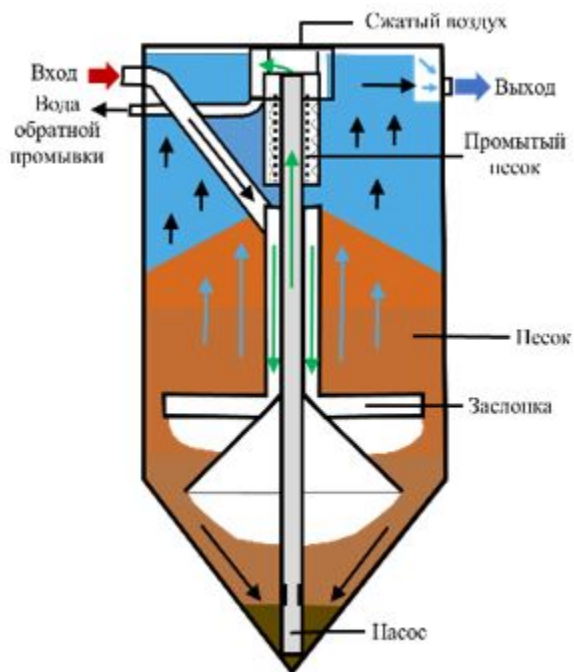


Рисунок 5.36. Схема песчаного фильтра

Чтобы добиться желаемого результата при удалении очень мелких частиц используется гиперфльтрация или обратный осмос. Гиперфльтрация предусматривает прохождение частиц молекулярной массой приблизительно от 100 до 500 мкм, тогда как ультрафльтрация применяется для частиц размером от 500 до 100 000 мкм.

Стоки проходят через ультрафльтрационную мембрану. Эта мембрана с очень мелкими порами пропускает молекулярные частицы, например частицы воды, и препятствует проникновению более крупных молекулярных частиц. При использовании мембран очень тонкой очистки можно даже отфильтровывать очень мелкие частицы, такие как ионы металлов. В результате фильтрации с использованием мембраны образуются чистый фильтрат и концентрат, который может потребовать дальнейшей очистки.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов в воду, эффективность очистки составляет до 70 %. Возможность регенерации искусственных материалов, использованных в качестве загрузок.

На шахте "Торезская" ПО "Дзержинскуголь" установлена фильтровальная станция с двумя напорными фильтрами типа ФОВ-2,0-0,6 (фильтр осветительный однокамерный) для очистки стоков от взвешенных веществ производительностью 90 м<sup>3</sup>/ч. Фильтр грубой очистки снижает содержание взвешенных веществ с 300 до 20 мг/л, а после фильтра тонкой очистки в очищенной воде остается не более 2 мг/л взвешенных веществ, что соответствует высокому уровню очистки. Первый фильтр двухслойный (песок кварцевый и дробленый уголь на поддерживающем слое из гравия), фильтр второй (тонкой очистки) – однослойный (кварцевый песок). Фильтрация через тонкие перегородки осуществляется по двум направлениям: фильтрация с закупориванием пор и фильтрация с образованием осадка.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Рабочие условия в режиме фильтрации:

длительность: 20 – 120 минут;

максимальное допустимое трансмембранное давление: 1,5 бар;

рекомендуемое рабочее трансмембранное давление: 0,6 – 1,2 бар;

удельный поток фильтрата: 50 – 150 л/ (м<sup>2</sup> \*ч), максимальная мутность питающей воды: 200 NTU;

максимальная рабочая температура: ≤ +40 °С;

рабочий диапазон pH: 1,0 – 12,0.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения касательно применимости**

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

#### **Экономика**

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

#### **Движущая сила для осуществления**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.8.4.3. Коагуляция, флокуляция**

#### **Описание**

Данный метод состоит в добавлении реагентов, таких как сульфаты и хлориды алюминия и железа, гидросульфаты и гидроксохлориды алюминия в сочетании реагентов в целях корректировки значения pH и повышения интенсивности осаждения растворимых металлов.

#### **Техническое описание**

Коагуляция

В качестве коагулянтов используются соли, образованные многозарядными катионами слабых оснований и анионами сильных кислот. В воде указанные соли подвергаются гидролизу с образованием комплексных ионов. Наибольшее распространение получили сульфаты и хлориды алюминия и железа. Образовавшиеся в процессе гидролиза коллоидные золи гидроксидов алюминия и железа коагулируют с образованием агрегатов. Последние вместе с частицами дисперсной фазы сточных вод осаждаются и, таким образом, очищают ее.

Гидролиз коагулянтов является одним из наиболее важных процессов коагуляции. Полнота его протекания влияет как на качество разделения суспензии, так и на расход коагулянта. Решающим фактором, который обеспечивает максимальную эффективность использования коагулянтов при очистке сточных вод, является создание условий для проведения гидролиза в необходимом направлении путем изменения концентрации коагулянта в дисперсной системе, значения рН и ионного состава дисперсной среды. В случае разделения дисперсных систем с отрицательным зарядом дисперсной фазы эти условия должны обеспечить получение положительно заряженных гидроксокомплексов, в случае разделения дисперсных систем с положительным зарядом дисперсной фазы – отрицательно заряженных гидроксокомплексов.

Наряду с сульфатами и хлоридами алюминия и железа в последнее время все более широкое распространение находят коагулянты с повышенной основностью – гидросульфаты и гидроксохлориды алюминия. Преимущества дигидроксосульфата  $[Al_2(SO_4)_2(OH)_2] \cdot 11 H_2O$  перед сульфатом алюминия заключается в более широком диапазоне рН, высокой хлопьеобразующей способности. Гидроксокомплексы, образующиеся при гидролизе этого вещества, несут более высокий положительный заряд. Его коррозионная активность значительно ниже, чем у сульфатов алюминия. В настоящее время наибольшее распространение получил пентагидроксохлорид алюминия  $Al_2(OH)_5Cl$ . Характерным отличием этого коагулянта является широкая зона оптимальных значений рН, особенно в кислой области. Коагулянт хорошо работает при разделении дисперсных систем с небольшим содержанием дисперсной фазы, отличается низкой коррозионной активностью.

Для коагуляции дисперсных систем с низким значением рН используют алюминат натрия. При более высоких значениях рН алюминат натрия применяют совместно с сульфатом алюминия.

Высокую эффективность во многих случаях дает применение смесей коагулянтов. При этом обеспечивается значительное расширение области оптимальных значений рН и температуры, хлопья осаждаются равномернее, чем в случае применения отдельных коагулянтов. Известно применение смеси  $Al_2(SO_4)_3$  и  $FeCl_3$  в соотношении 1:1.

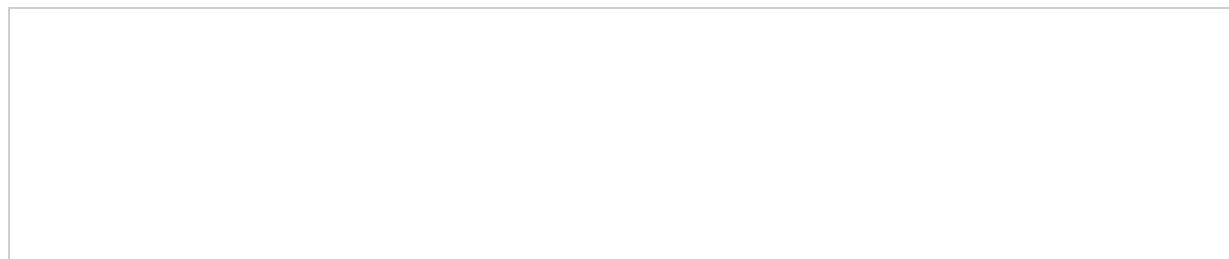
Флокуляция

Для регулирования устойчивости дисперсных систем в последнее время все шире применяются различные водорастворимые полимеры, весьма малые добавки которых могут радикально изменить стабильность дисперсий. Они широко используются при очистке сточных вод от дисперсных примесей, концентрировании и обезвоживании суспензий, для улучшения фильтрационных характеристик осадков и т. д. В основе всех этих процессов, называемых флокуляцией, лежит изменение степени агрегации дисперсных частиц под влиянием высокомолекулярных соединений (ВМС). В отличие от компактных коагулянтов, образующихся в результате флокуляции, крупные агрегаты (флокулы), обладают значительной рыхлостью. Флокуляция, как правило, процесс необратимый: в этом случае невозможно путем уменьшения содержания в растворе реагента (как это наблюдалось при коагуляции) осуществить пептизацию (редиспергирование) осадка.

Высокомолекулярные флокулянты обычно подразделяются на три группы: неорганические полимеры, вещества природного происхождения и синтетические органические полимеры. Наиболее широкое применение нашел последний класс флокулянтов. Наиболее распространенными флокулянтами являются полиакриламид (ПАА), сополимеры акриламида, акрилонитрила и акрилатов, натриевые соли полиакриловой и полиметакриловой кислот, поли-диметиламиноэтилакрилаты (ПДМАЭА) и др.

Процесс очистки сточных вод коагуляцией и флокуляцией состоит из следующих стадий: приготовление рабочих растворов коагулянтов и флокулянтов, дозирование и смешение реагентов со сточной водой, хлопьеобразование, осаждение хлопьев.

Приготовление рабочих растворов осуществляется в гидравлических или механических смесителях. Концентрация рабочих растворов коагулянтов обычно составляет 3 – 5 %, иногда до 7 %, концентрация рабочих растворов флокулянтов – до 1 %. После смешения сточной воды с рабочими растворами коагулянтов, которое может осуществляться также в гидравлических или механических смесителях, воду направляют в камеры хлопьеобразования, куда могут добавляться флокулянты для интенсификации данного процесса. Используют перегородчатые, вихревые и с механическими мешалками камеры. Образование хлопьев в камерах происходит медленно – за 10 – 30 минут. Осаждение хлопьев происходит в отстойниках, осветлителях и других аппаратах, рассмотренных ранее. Иногда стадии смешения, коагулирования и осаждения проводят в одном аппарате.



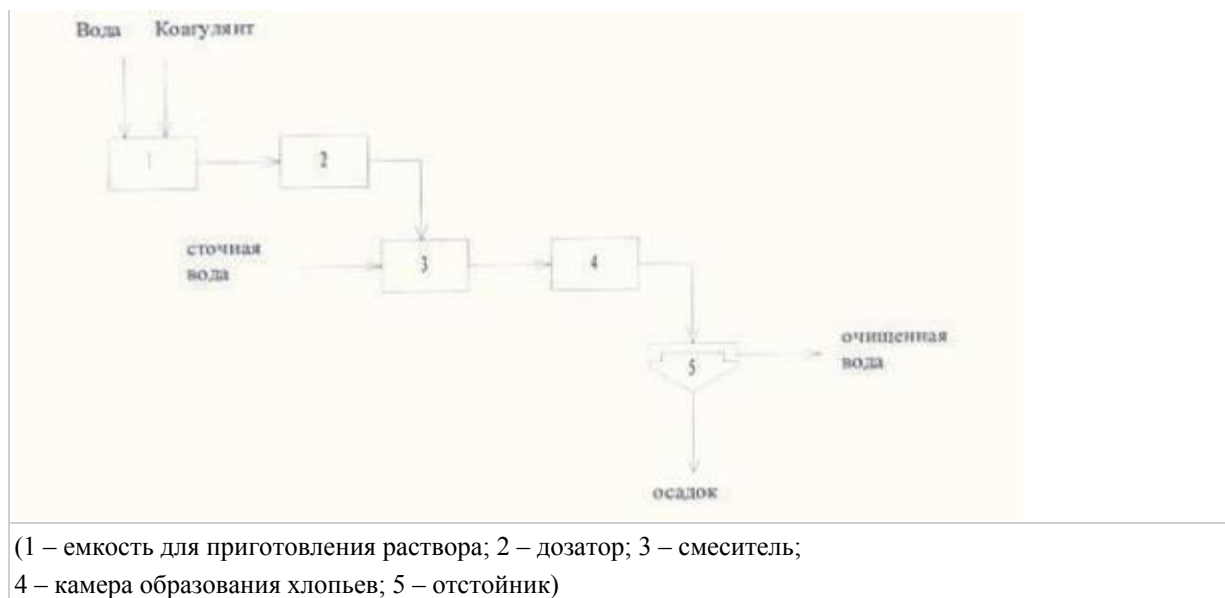


Рисунок 5.37. Схема процессов коагуляции и флокуляции

### Достигнутые экологические выгоды

Сокращение сбросов загрязненных сточных вод.

Чтобы обеспечить максимальную эффективность удаления металлов, наиболее важным фактором является выбор осадителей. Существуют примеры, демонстрирующие, что использование реагентов на основе сульфидов может обеспечивать достижение более низких концентраций некоторых металлов. Правильное значение pH в течение всего процесса очистки стоков, также имеет первостепенную важность, поскольку некоторые соли металлов нерастворимы только в очень небольшом диапазоне значений pH.

### Экологические показатели и эксплуатационные данные

При выборе методов необходимо учитывать специфику производственных процессов. Кроме того, при выборе применяемых методов определенную роль могут играть размер принимающего водного объекта и скорость потока. Уменьшение объемного расхода в пользу более высоких концентраций приводит к сокращению потребления энергии для очистки. Очистка высококонцентрированных сточных вод приведет к образованию стоков с более высокими концентрациями, но с более высокой скоростью восстановления по сравнению с менее концентрированными потоками, что позволит в целом улучшить удаление загрязняющих веществ. Эффективность очистки может достигать 90 – 95 %. Расход коагулянта зависит от его вида, а также состава и требуемой степени очистки сточных вод и составляет  $0,1 - 5 \text{ кг/м}^3$  сточных вод. [68]

### Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергопотребления.

Применение добавок.

Образование отходов, подлежащих утилизации.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо на новых и действующих установках.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

## **5.2.8.4.4. Химическое осаждение**

### **Описание**

Данный метод состоит в добавлении реагентов, таких как известь, едкий натрий, сернистый натрий, или сочетания реагентов в целях корректировки значения рН и повышения интенсивности осаждения растворимых металлов.

### **Техническое описание**

Химическое осаждение используется главным образом для удаления из стоков растворимых ионов металлов. Растворимые металлы можно осадить из сточных вод путем корректировки значения рН. В стоки добавляется реагент, например, известь, гидроксид натрия, сульфид натрия или комбинация реагентов, что приводит к образованию нерастворимых соединений с металлом в виде осадка. Эти нерастворимые соединения могут быть удалены из воды путем фильтрации. Добавление коагулянта или флокулянта способствует формированию более крупных хлопьев, которые легче отделить, и часто используется для повышения производительности системы очистки.

Для удаления из стоков таких металлов, как железо, свинец, цинк, марганец и т. д., обычно используется осаждение. Гидроксиды металлов, как правило, нерастворимы, поэтому для их осаждения широко используется известь.

Сульфиды металлов также нерастворимы, и в щелочной среде используются такие реагенты, как сернистый натрий, гидросульфид натрия и тримеркаптосульфотриазин (ТМС). Биологический способ также применяется при получении  $H_2S$  с помощью сульфатвосстанавливающих бактерий, при этом газ переносится на стадию осаждения газом-носителем. Осаждение сульфидов может в результате обеспечить более низкие значения концентрации определенных металлов в очищенных стоках в зависимости от значения рН и температуры, а сульфиды металлов могут быть возвращены на этап плавки. Можно также эффективно удалять такие металлы, как селен и молибден.

В некоторых случаях осаждение смеси металлов может осуществляться в два этапа: сначала посредством гидроксида, а затем с помощью сульфидного осаждения. В целях удаления избыточных сульфидов, после осаждения, возможно добавление сульфата железа.

На многих установках, где удаляются металлы, одной из главных проблем для достижения необходимых предельных значений стоков является коллоидное состояние осажденных металлов. Оно может возникнуть в результате некачественной



нейтрализации и флокуляции. Для улучшения состояния осаждаемого металла можно использовать различные флокулянты и коагулянты, и поставщики таких материалов способны проводить испытания на осадках и указывать правильный коагулянт.

Состав стоков меняется в зависимости от качества концентрата/сырья и состава последующих отходящих газов, которые прошли очистку во влажных системах. Кроме того, различные источники дозированной подачи материалов или погодные условия, способствующие образованию ливневых стоков, повышают разнообразие потоков сточных вод.

### **Достигнутые экологические выгоды**

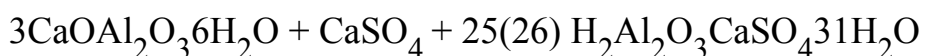
Сокращение сбросов загрязненных сточных вод в природные водные объекты.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Эффективность очистки сточных вод с помощью химического осаждения зависит от следующих факторов:

- выбор химического осадителя;
- количество добавляемого осадителя;
- эффективность удаления осаждаемого металла;
- поддержание правильного значения рН в течение всего процесса очистки;
- использование железистых солей для удаления определенных металлов;
- использование флокулирующих или коагулирующих реагентов;
- колебание состава сточных вод и наличие комплексообразующих ионов.

Данные методы очистки шахтных вод, прошли промышленные испытания и были внедрены на предприятиях США, Канады, России и Китая. Для повышения эффективности очистки шахтных вод предложены различные методы доочистки предварительно осветленных нейтрализованных стоков. Наиболее часто используются методы обработки с использованием алюминий содержащих реагентов (средних и основных солей), а также гидроокиси алюминия, получаемой в процессе электрохимического растворения металла при обработке стоков в электро- или гальвано- коагуляторах. Основная цель использования соединений алюминия – выделение сульфатов в виде гидросульфоалюмината кальция  $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$  (ГСАК). Осаждение сульфатов по данному методу описывается уравнением:



Глубина выделения сульфатов данным методом зависит от расхода алюминий содержащего реагента. Минимальное содержание сульфат-ионов в осветленной воде определяется растворимостью ГСАК и составляет 25 мг/дм<sup>3</sup>.

### **Кросс-медиа эффекты**

Увеличение энергопотребления.

Применение добавок.

Образование отходов, подлежащих утилизации.

**Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо на новых и действующих установках.

**Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

**Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

#### **5.2.8.4.5. Сорбция**

**Описание**

Сорбционная очистка – это один из способов глубокой очистки вод, основанный на способности фильтрующего элемента задерживать примеси, находящиеся в жидкости. Такой метод используется, когда существуют высокие требования к составу воды.

Сорбционный фильтр – это один из дополнительных элементов очистных сооружений, предназначенный для более эффективной работы системы.

**Техническое описание**

Процессы сорбции – гетерогенный процесс улавливания металлов из растворов на поверхности (адсорбция) или всем объемом (абсорбция) сорбирующим веществом. В качестве сорбирующего вещества применяется активированный уголь, глины – бентониты, ионообменные смолы, шунгиты и цеолиты, раствор экстрагента в органических растворителях (керосин) и многое др. Необходимо подчеркнуть, что ежегодно разрабатываются новые виды и типы сорбентов (нанотрубки и подобное), ионообменных смол более сотни в год. Применение того или иного сорбирующего агента зависит конкретно от условий, типа металла, pH, присутствие мешающих и загрязняющих веществ и мн. др. Выбор сорбента производится на основании Технического задания – цель и задачи, условия и параметры. Определяется опытным путем и вносится в Проект установки проектной организацией.

Активированный уголь (кокосовый, древесный, каменный) считается одним из наиболее распространенных и эффективных сорбентов. Снижает уровень органических загрязнителей на 90 – 99 %.

Может использоваться в виде порошка или гранул. Эффективность зависит от суммарного объема микропор. Как правило, фильтры на основе активированного угля используются в виде нескольких слоев или картриджей, чтобы проскок материала через один фильтр компенсировался очисткой во втором фильтре. Затем отработанный фильтр заменяется и используется в качестве вторичного фильтра. Эта операция зависит от наличия надлежащего метода определения проскоков через фильтры.

Фильтрующая засыпка с применением сорбента ИРВЕЛЕН-М.

ИРВЕЛЕН-М – это фильтрующий материал, который производится из первичного полипропилена и представляет собой бело-кремовое полимерное волокно с вкраплениями гранул и хлопьев, сшивающих структурообразующий материал в сетку и образованных под воздействием высоких температур.

Характеристика сорбента для фильтров ИРВЕЛЕН-М:

на ощупь похож на жесткую вату;

диаметр полимерного волокна – 100 – 250 мкм;

может быть использован при температуре от -50°C до +90°C;

высокая емкость поглощения волокна, которая способствует быстрому поглощению и последующему накоплению и удержанию нефти, нефтепродуктов, некоторых элементов и соединений;

имея волокнисто-пористую структуру, ИРВЕЛЕН-М не поглощает воду, а беспрепятственно пропускает воду.

Материал обладает уникальной структурой, благодаря которой может осуществлять фильтрацию воды по:

тяжелым металлам (ванадий, алюминий, железо, кобальт, кадмий, литий, медь, марганец, мышьяк, свинец, никель, цинк, хром);

хлорорганическим соединениям (2-хлорфенол, пентахлорфенол, трихлорметан, тетрахлорметан, 1,1,1-трихлорэтан, пестициды-гамма-ГХГЦ);

органическим соединениям (альдегиды предельные, нефтепродукты, фенолы);

неорганическим соединениям (сульфаты, хлориды, нитраты, нитриты, фосфаты, азот аммонийных солей и аммиак).

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов органических веществ в воду.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Зависит от конкретного объекта.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения относительно применимости**

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

#### **Экономика**

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.8.4.6. Нейтрализация**

#### **Описание**

Для нейтрализации кислых вод используют гидроксид натрия NaOH, гидроксид калия KOH, карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , аммиачную воду  $\text{NH}_4\text{OH}$ , карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$ , карбонат магния  $\text{MgCO}_3$ , доломит ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), цемент. Наиболее доступный реагент – гидроксид кальция (известковое молоко  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) с содержанием 5 – 10 % активной извести  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Иногда для нейтрализации применяют отходы производства, например, шлаки металлургических производств.

### **Техническое описание**

Нейтрализация применяется для очистки кислых сточных вод, содержащих металлы (тяжелые металлы), повышением величины рН кислых растворов путем добавления щелочных реагентов с целью образования осадка.

Величина рН раствора регулируется для образования и осаждения гидроксидов металлов в воде. Как правило, данный процесс проводится перед основным этапом очистки сточных вод.

Для нейтрализации применяется любой щелочной реагент, чаще всего известь-пушонка, известковое молоко, карбонаты кальция и магния в виде суспензии. Подача извести в пределах предприятия должна быть механизирована. Гашение реагента выполняется в специальных машинах, конструкции Руссола и Полякова. Крупные фракции извести должны предварительно дробиться. Известковое молочко готовится в мешалках с оборотами лопастей не менее 40 об/минуту. Его концентрация определяется по активности окиси кальция в пределах от 5 до 10 %.

Использование в качестве реагента для нейтрализации шахтных вод щелочные отходы содового производства. Для нейтрализации шахтных вод в качестве реагента возможно использование отходов содового производства. При смешивании шахтной воды со шламами происходит повышение величины рН за счет взаимодействия ионов тяжелых металлов с карбонатом и гидроксидом кальция, которые являются основными компонентами отходов. При этом происходит перевод ионов Fe, Mn, Zn и др.

Достоинством нейтрализации является возможность предварительной очистки сточных вод, с целью увеличения эффективности процесса эффективности процесса очистки в целом.

Этот метод наиболее широко используют для нейтрализации кислых вод. Поскольку в кислых и щелочных производственных сточных водах практически всегда присутствуют ионы металлов, то дозу реагента определяют с учетом выделения в осадок солей тяжелых металлов. Процессы реагентной нейтрализации производственных сточных вод осуществляются на нейтрализационных установках или станциях.

Время контакта сточных вод и реагента должно быть не менее 5 минут. Для кислых сточных вод, содержащих растворенные ионы тяжелых металлов, это время должно быть не менее 30 минут.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов в воду.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

С 2016 года на действующей станции нейтрализации Учалинского ГОК введен в эксплуатацию узел обезвоживания осадка, близится к завершению строительство пруда-стабилизатора, предназначенного для отстаивания осветленных вод после многоступенчатой очистки. [38]

### **Кросс-медиа эффекты**

Недостатком данного способа является образование вторичных химических отходов, состоящих из кристаллического кальцита, кварца, калиевых полевых шпатов, утилизация которых затруднена.

### **Технические соображения касательно применимости**

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

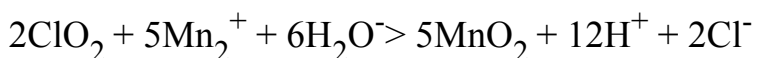
## **5.2.8.4.7. Окисление**

### **Описание**

Окислительный способ очистки применяют для обезвреживания сточных вод, содержащих токсичные и неприятно пахнущие примеси. В процессе окисления токсичные загрязнения в результате химических реакций переходят в менее токсичные, которые удаляют из воды.

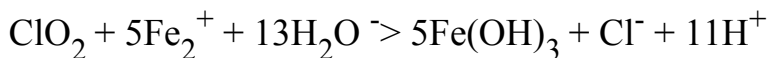
### **Техническое описание**

Диоксид хлора эффективно окисляет марганец (II) до марганца (IV) с выпадением в осадок оксида марганца. Поскольку хлорит-анион также реагирует с Mn (II), то вся реакция может быть представлена следующим образом:



Реакция протекает быстро и интенсивно, уже через 5 минут более 99 % оксида марганца может быть удалено фильтрованием. Этой реакции способствует скорее слабощелочная, чем кислая среда.

Диоксид хлора легко окисляет железо (II) в железо (III) с выпадением в осадок гидроксида железа (III). Поскольку хлорит-анион также легко взаимодействует с Fe (II), то вся реакция может быть записана следующим образом:



Далее образующийся осадок удаляют методом фильтрования. Этой реакции также способствует нейтральная и слабощелочная среда.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов в воду.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Для окисления 1 мг марганца необходимо 2,5 мг диоксида хлора при pH>7. Для окисления 1 мг железа необходимо 1,3 мг диоксида хлора при pH>5.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Процесс окислительного осаждения Mn (II) "активным хлором" сопровождается образованием осадка, что обуславливает необходимость последующего применения процессов извлечения его отделения из водных растворов.

#### **Технические соображения касательно применимости**

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

#### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.8.4.8. Ионный обмен**

#### **Описание**

Ионообменный процесс, как правило, проходит в колонне, наполненной гранулами ионообменной смолы. Обмен начинается в верхней части колонны и затем проходит через нее, поддерживая тем самым равновесное состояние процесса обмена.

#### **Техническое описание**

Ионообменный процесс иногда применяется в качестве заключительного этапа очистки при удалении металлов из технологических сточных вод. С помощью ионного обмена удаляются нежелательные ионы металлов из сточных вод путем их переноса на твердую матрицу при одновременной отдаче равного количества других ионов, хранящихся на структуре ионообменника. Как правило, ионообменный процесс используется при концентрации металлов менее 500 мг/л.

Емкость ионообменника ограничена количеством ионов, хранящихся на структуре. Поэтому необходимо проводить регенерацию ионообменника с помощью соляной кислоты или каустической соды.

Ионообменники могут использоваться для удаления определенных металлов из сточных вод. Такой избирательный процесс ионного обмена гораздо более эффективен

при очистке стоков от токсических металлов. Кроме того, колонна может обеспечивать очень высокий уровень очистки и эффективность при работе со смешанными стоками.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов в воду.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Возможность очистки до требований ПДК.

Возврат очищенной воды до 95 % в оборот.

Возможность утилизации тяжелых металлов.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Необходимо проведения предварительной очистки сточных вод от масел, ПАВ, растворителей, органики. Большой расход реагентов для регенерации ионитов и обработки смол. Необходимость предварительного разделения промывных вод от концентратов. Образование вторичных отходов-элюентов, требующих дополнительной переработки.

#### **Технические соображения касательно применимости**

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

#### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.8.4.9. Обеззараживание сточных вод**

#### **Описание**

Обеззараживание, как стадия очистки шахтных и карьерных вод, осуществляется перед сбросом в водные объекты. Оно проводится химическими (хлорирование, озонирование) и физическими (УФ-обработка) методами.

#### **Техническое описание**

Шахтные воды перед сбросом в водный объект подлежат обеззараживанию. Он может состоять из аппаратов для озонирования, хлорирования, УФ-обработки.

Озонирование. Озон в сточных водах смертелен практически для всех микроорганизмов. Обладает повышенными бактерицидными свойствами, не вызывает образование запахов. В отличие от хлора, разлагается в воде примерно за 30 минут с образованием кислорода. Это означает, что озон обладает очень высокой степенью экологической безопасности, а также не ухудшает ионный состав сточных вод, позволяя их использовать в водооборотном цикле.

Хлорирование имеет большую популярность из-за простоты использования, невысокой цены применения и достаточно высокой результативности. Большинство болезнетворных микроорганизмов, приводящих к заболеваниям человека, не могут противостоять окислительному воздействию хлорсодержащих реагентов. Процесс

осуществляется с помощью хлораторов, в которых осуществляется дозирование хлора и его смешивание с некоторым количеством воды. Получаемая "хлорная вода" поступает в обрабатываемую воду. Существуют различные системы хлораторов: одни из них рассчитаны на непрерывную подачу определенных количеств газа в единицу времени (хлораторы непрерывного действия), другие – на отмеривание определенных порций газа (порционные). Существуют также хлораторы, автоматически меняющие количество подаваемого хлора при изменении расхода обрабатываемой воды.

**Ультрафиолетовое обеззараживание.** Это физический метод дезинфекции сточных вод. Данный метод состоит в прохождении воды сквозь область электромагнитного излучения с длиной волны 200 – 315 нм (ультрафиолетовая область). Конструктивно установка УФ-обеззараживания представляет собой камеру, в которой зафиксированы и выстроены на определенном расстоянии друг от друга ультрафиолетовые лампы. Защитный изоляционный кварцевый чехол препятствует загрязнению поверхности лампы. Для того чтобы не снижалась эффективность установки вследствие загрязнения наружной поверхности кварцевого кожуха, необходимо периодически выполнять промывку оборудования. Периодичность этой процедуры зависит от качества исходной воды.

Суть данного метода заключается в способности излучаемого потока проникать внутрь клетки и воздействовать на нуклеиновые кислоты ДНК и РНК, которые теряют способность делиться, происходит инактивация (теряется способность к размножению). Вода обеззараживается, проходя внутри установки вдоль кварцевого кожуха с работающей УФ-лампой. Для обеззараживания сточных вод необходима доза излучения не менее 30 мДж/см<sup>2</sup>, а эпидемическая безопасность воды по паразитологическим показателям достигается при дозе не менее 65 мДж/см<sup>2</sup>.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

За счет их применения снижается концентрация микроорганизмов в сточных водах.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Быстрое разложение озона – одновременно это и недостаток этого способа обеззараживания, потому что уже через 15 – 25 минут после очистки может произойти вторичное заражение. Вода, насыщенная озоном, является коррозионно-опасной. Это ведет к повышенному износу трубопроводов, арматуры, сантехники и т. д. Поскольку озон приближается к сильным отравляющим веществам (превосходит, например, синильную кислоту), на установках очистки сточных вод озонированием предусматривается стадия очистки отходящих газов от остатков озона.

УФ-обеззараживание обладает следующими преимуществами перед химическими способами:



Воздействие УФ-излучения смертельно не только для бактерий, но и для вирусов, спор и грибов. УФ-излучение резко ускоряет фотохимические процессы внутри микроорганизмов и приводит к их гибели

Не влияет на качество очищаемой воды. При УФ-излучении не образуется никаких токсичных элементов. Оно безопасно для обитателей водоемов.

Достаточно кратковременного нахождения потока сточных вод в зоне УФ-излучения для получения эффекта обеззараживания. В связи с этим, прохождение воды через установку осуществляется в проточном режиме.

Обеззараживание этим методом менее энергозатратно и поэтому более выгодно по сравнению с химическими методами.

Нет необходимости введения каких-либо реагентов.

УФ-излучение не меняет химический состав воды.

Установка имеет небольшие размеры, проста в монтаже и легко автоматизируется

#### **Кросс-медиа эффекты**

Быстрое разложение озона – одновременно это и недостаток этого способа обеззараживания, потому что уже через 15 – 25 минут после очистки может произойти вторичное заражение.

Хлорсодержащие реагенты является крайне опасным для здоровья человека и, при работе с ним, необходимо соблюдение правил техники безопасности. Хлорсодержащие соединения обладают высокой химической активностью, это является катализатором активной коррозии оборудования. Получение в процессе окисления хлорорганических веществ, приводит к их накапливанию в водной среде, что отрицательно влияет на обитателей водоемов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Технологии обеззараживания является общеприменимыми. В каждом конкретном производстве требуется индивидуальный подход к выбору необходимой комплектации.

#### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.2.9. НДТ, направленные на управление и сокращение воздействия производственных отходов**

#### **5.2.9.1. Использование отходов для закладки выработанного пространства**

##### **Описание**

Данная НДТ применяется на предприятиях угольной промышленности при добыче угля открытым и подземным способом на этапе утилизации отходов производства.

##### **Техническое описание**

Данная НДТ предполагает использование отходов производства (вскрышных и вмещающих пород, пород углеобогащения, золошлаков) для закладки выработанного пространства открытых и подземных горных выработок. Фактически данная НДТ представляет собой первый этап технической рекультивации.

Вскрышные породы (как и вмещающие, пустые породы и сухие продукты обогащения) могут быть размещены в выработанных пространствах угледобывающих предприятий, на участках, где прекращена добыча угля. Кроме того, в этих же пространствах в некоторых случаях размещаются отходы прочих производств (например, металлургических заводов) или горные породы с низким содержанием полезного компонента. Кроме того, вскрышные породы (как и их аналоги) могут использоваться для рекультивации земельных участков.

Закладка выработанного пространства производится в целях:  
облегчения рекультивации (по сравнению с возведением отвалов);  
снижения риска разрушения отвала.

Существует пять типов закладки выработанного пространства:

- сухая (dry backfill);
- твердеющая (cemented backfill);
- гидравлическая (hydraulic backfill);
- пастообразная (paste backfill);
- пневматическая (pneumatic backfill).

Сухая закладка предполагает размещение неотсортированных вскрышных пород, продуктов обогащения и прочей продукции с естественной влажностью. Обычно она осуществляется автомобильным или конвейерным транспортом.

Твердеющая закладка обычно состоит из отсортированных или неотсортированных вскрышных пород (или продуктов обогащения), смешанных с цементом или угольной золой. Подобное смешивание обеспечивает повышение сцементированности закладываемой массы. Данный способ закладки может предполагать, как предварительное смешивание исходных продуктов в специальных бункерах, так и заливку размещенной породы цементирующим веществом.

Гидравлическая закладка требовательна к структуре используемых материалов. Она может состоять или из частично обезвоженной пульпы (с долей твердого вещества 65 – 70 %), или из естественных песчаных пород. Обезвоженная пульпа должна пройти через гидроциклоны, где осажается мелкодисперсная фракция, непригодная для закладки по причине низкой дренирующей способности. Песчаные породы должны пройти сортировку для удаления негабаритных частиц, которые могут нарушить структуру закладки, сформировать в ней полости. Подготовленная смесь подается с помощью насосов и труб в выработанное пространство. Гидравлическая закладка может подвергаться последующему цементированию.

Пастообразная закладка состоит из мелкодисперсного материала с содержанием твердых частиц более 70 %. Частицы с диаметром менее 20 мкм должны составлять не менее 15 % массы закладываемого материала. Плунжерные насосы, пригодные для перекачки бетонной смеси, способны транспортировать пастообразную смесь для закладки.

Пневматическая закладка применяется в случаях, например, когда применение гидравлической закладки может привести к развитию водной эрозии.

В настоящее время применение закладки выработанного пространства значительно удорожает производство.

Данная технология использовалась в опытно-промышленном масштабе на угольных предприятиях Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса. Большинство угольных предприятий, разрабатывающих крутые пласты в данном районе, имеют низкую эффективность добычи угля, нерациональное использование природных ресурсов и высокую опасность для окружающей среды. Прокопьевско-Киселевский район является сложным в горно-геологическом отношении. На его шахтах были испытаны почти все известные в мировой практике системы разработки, такие как: щитовая с обрушением кровли пород (ЩО), комбинированная с гибким перекрытием (КГП), подэтажная гидроотбойка с обрушением кровли (ПГО), подэтажные штреки с обрушением кровли пород (ПШО), длинные столбы по простиранию с обрушением кровли (ДСО), системы разработки с закладкой выработанного пространства, в т. ч. короткие полосы по простиранию с гидравлической закладкой выработанного пространства (КПГЗ), наклонные слои с гидрозакладкой (НСГЗ), поперечно-наклонные слои с гидрозакладкой выработанного пространства (ПНСГЗ). Большая часть угля (93 %) добывается системами разработки с обрушением боковых пород и 7 % с гидравлической закладкой выработанного пространства угля.

На шахте "Коксовая" при среднесуточной нагрузке 4000 тонн угля, из которых 80 – 90 % добывается с закладкой, производительность труда рабочего по добыче не превышает 40 т/мес., расход леса – 40 – 50 м<sup>3</sup> на 1000 тонн добычи. [38]

Внедрение закладки выработанного пространства сдерживается отсутствием прогрессивной технологии и средств комплексной механизации закладочных работ.

Добыча угля с закладкой выработанного пространства ведется в Польше, Франции, Румынии, Венгрии, Германии, Австрии, Индии, Японии, Турции и других стран. Наибольшее развитие добыча угля с закладкой выработанного пространства получила в Польше, где ежегодно с гидравлической добывается около 30, с пневматической – 2 и с механической – около 1 млн тонн угля. [38]

### **Достигнутые экологические выгоды**

Применение НДТ способствует сокращению изъятия земель под размещение отходов производства, способствует восстановлению нарушенных земель за счет

технической рекультивации, сокращению образования загрязненных сточных вод и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

В результате применения закладки будут сохранены водоносные горизонты и сокращены водопритоки в горные выработки, следовательно, потребуется меньшей мощности водоотлив, меньшее количество водоочистных сооружений, сократится сброс загрязняющих веществ.

### **Кросс-медиа эффекты**

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов. Закладка выработанного пространства трудоемкий дополнительный процесс в технологической схеме подземной добычи угля. Стоимость закладочных работ составляет 15 – 20 % стоимости работ по добыче угля.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленные методы и технические решения общеприменимы, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности, но существует ряд ограничений технологического и экономического характера.

Закладку при подземной добыче применяют лишь в тех случаях, когда другие, более простые и дешевые способы управления горным давлением в данных горно-геологических условиях не могут обеспечить безопасную и эффективную добычу угля. В настоящее время применение закладки выработанного пространства на угольных шахтах Республики Казахстан значительно удорожает производство и не применяется.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

## **5.2.9.2. Использование угольных шламов в качестве добавки к продукции**

### **Описание**

В угольной промышленности большая часть добываемого угля обогащается, в результате чего образуются высокозольные отходы (шламы), которые по массе составляют миллионы тонн. Различия в свойствах обрабатываемых шламов и задач, возникающих при обработке шламовых вод, приводят к тому, что число технологических операций колеблется и схемы обработки шламов построены по-разному. При выборе рационального метода переработки шламов необходимо учитывать физико-химические свойства твердой фазы шламонакопителя и определить его приоритетные зоны для переработки (рисунок 5.38).



Рисунок 5.38. Основные типы угольных шламов

При анализе ситового и фракционного состава некоторых шламов установлено, что такие характеристики, как выход, зольность, объемная масса, имеют значительные колебания не только по разным предприятиям, но даже в рамках одного предприятия, одного и того же класса в различных точках шламонакопителей. Это связано со многими причинами, и в первую очередь с разделением шлама в свободном потоке по крупности, плотности, что, в свою очередь, связано с наклоном ложа потока, определяющим скорость потока, его глубину, объемом сброса шламов, которые также влияют на скорость и время осаждения и разделения частиц шлама.

Результаты ситового и фракционного анализа дают возможность количественно определить гранулометрические и плотностные характеристики шламов, и это позволяет прогнозировать способ и технологию процессов обогащения, обезвоживания и использования шламов. Поэтому необходимо провести перед разработкой технологической схемы переработки шламов:

представительное опробование;

тщательное изучение гранулометрического и фракционного состава шламов в конкретном отстойнике шахты, разреза, обогатительной фабрики.

Анализ шламов большого числа предприятий добычи и переработки углей позволил установить, что имеется несколько основных типов шламов, которые можно классифицировать следующим образом:

Каждый шламонакопитель в зависимости от марки угля требует индивидуального подхода при технологии его использования.

Особенностями технологии переработки угольных шламов из шламовых отстойников, в отличие от обогатительных фабрик, являются:

высокая зольность извлекаемого материала;

работа в условиях низкого содержания зернистых частиц, т. к. твердая фаза на 60 % и более представлена частицами мельче 0,05 мм;

резкие колебания зольности, гранулометрического состава, извлекаемого из шламоотстойника продукта, а также марки угля, составляющего его горючую массу; необходимость термического обезвоживания полученного концентрата.

Основные требования к аппаратам, применяемым для механического обезвоживания шламов, состоят в следующем:

устойчивая работа в условиях резких изменений качества и количества поступающего на переработку шлама;

высокая эффективность улавливания твердой фазы в осадок;

низкая влажность осадка;

малые габариты и вес, мобильность.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Перевод шламов в технологически приемлемое топливо позволяет сократить воздействие, обусловленное изъятием земель с целью организации объектов размещения отходов, загрязнением почв, подземных и поверхностных вод, обусловленное инфильтрацией загрязненных вод, сократить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от эксплуатации объекта.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Подобная технология обогащения угольных шламов позволит выделить из шламонакопителя как минимум 30 – 40 % концентрата зольностью 10 – 16 %, который можно использовать не только в энергетических целях, но и в качестве добавки к шихте коксования, т. к. в шламонакопителе складированы отходы обогащения коксующихся углей, и одновременно решить ресурсосберегающие и экологические проблемы.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Нет данных.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Каждый шламонакопитель в зависимости от марки угля требует индивидуального подхода при технологии его использования.

#### **Экономика**

Экономические анализы показали, что процесс обогащения может оплатить затраты и владельцу шламонакопителя (его эксплуатацию), и обогатительной фабрике. Прибыль от обогащения угольных шламов будет зависеть от цены получаемого концентрата, дохода от него и стоимости процесса обогащения.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.9.2.3. Использование отходов угледобычи в качестве строительных материалов и вторичного сырья**

#### **Описание**

Промышленные отходы по своему составу и свойствам близки к природному сырью, а в ряде случаев обладают преимуществами. Утилизация таких отходов осуществляется, как правило, в местах добычи и обогащения минерального сырья. В основном они используются при закладке горных выработок или рекультивации земель.

Техника состоит в использовании основных технологических отходов добычи (вскрышные и вмещающие породы, породы от обогащения, шлама) с целью производства строительных материалов и вторичного сырья в строительных работах, например, при устройстве оснований дорог, а также при производстве строительных материалов, таких как портландцемент, пористые заполнители, стеновые керамические материалы и др. материалов для рекультивации, отсыпки технологических дорог.

### **Техническое описание**

При добыче и обогащении углей побочными продуктами служат шахтные и вскрышные породы, отходы углеобогащения. Шахтные отвальные породы наиболее часто представлены аргиллитами, алевритами, песчаниками, известняками. Метаморфизированные аргиллиты, алевриты и песчаники обладают высокой плотностью и, как правило, трудно размокают в воде. Их можно отнести к малопластичному или непластичному глинистому сырью.

Наиболее важными свойствами отходов добычи и обогащения угля, которые определяют область их дальнейшего применения, являются химический состав и физико-механические характеристики.

Отходы добычи и обогащения угля как сырье для производства строительных материалов, могут использоваться в:

в качестве компонента сырьевой шихты при получении цемента;

при изготовлении керамических (керамические плитка и кирпич, дренажные трубы) материалов и силикатных (силикатный кирпич, стекло и др.) материалов;

в качестве сырья при производстве пористых заполнителей (аглопорит, азерит, керамзит и др.);

в качестве заполнителя бетона;

в качестве замены земляного грунта при строительстве гидротехнических сооружений, фундаментов, автомобильных дорог и др.

в качестве сырья при производстве пористого песка;

в качестве сырья при производстве минеральной ваты.

Данные области применения отходов добычи и обогащения угля в строительных работах и при производстве материалов предусматривают возможность применения в шихте от 25 % до 100 % в зависимости от химического состава.

Технологии производства различных строительных материалов разработаны, проверены в лабораторных и производственных условиях и могут успешно применяться в промышленных масштабах во всех угольных регионах.

## **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение воздействия, обусловленное изъятием земель с целью организации объектов размещения отходов, загрязнением почв, подземных и поверхностных вод, обусловленное инфильтрацией загрязненных вод, сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от эксплуатации объекта. Дополнительными преимуществами данного направления является снижение экологической нагрузки на окружающую среду за счет уменьшения добычи общераспространенных полезных ископаемых при их замене отходами добычи и переработки угля, а также сокращение транспортных расходов и более полное освоение ресурсов.

## **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Многочисленные исследования и зарубежный опыт показывают, что углесодержащие отходы добычи и обогащения угля могут применяться при производстве кирпича и других аналогичных изделий. Главное преимущество использования углеотходов при производстве кирпича заключается в снижении расхода технологического топлива.

Технология производства кирпича разработана и проверена ВНИИСТРОМ. Плотность получаемого в промышленных условиях кирпича из флотационных отходов соответствует маркам 150 – 200. Предприятие по производству кирпича из текущих отходов углеобогащения действовало на шахте "Абашевская" в Кузбассе.

Состав отходов добычи и особенно обогащения угля близок к составу золошлаковых отходов ТЭС, которые достаточно широко применяются в качестве компонента сырья для производства цемента. Углеотходы с высоким содержанием оксидов железа и алюминия также могут применяться как компонент сырья для производства портландцемента на цементных заводах, использующих глину с низким содержанием оксида алюминия. Применение углеотходов позволяет заменить глинистый компонент сырья и снизить расход

топлива на 10 – 12 %. Значительные объемы углеотходов для этой цели ежегодно используются в Польше, Германии.

Из существующих видов пористых заполнителей бетонов отходы добычи и обогащения угля могут служить сырьем для производства двух основных видов пористых заполнителей: аглопорита и керамзита. Для производства аглопорита используются отходы добычи и обогащения угля, представляющие собой достаточно плотную и прочную породу, которая содержит органическое вещество, относительно равномерно распределенное в ее массе.

Опыт эксплуатации промышленных установок получения аглопорита из углеотходов имеется в России, Украине, США, Польше и других странах.

Керамзит получают методом обжига во вращающихся печах исходного сырья, обладающего свойством вспучивания при нагревании. Для производства керамзита



могут быть использованы высокозольные (более 80 – 90 %) отходы угледобычи, состоящие из глин, суглинков, аргиллитов, а также высокозольные отходы ряда углеобогатительных фабрик с низким содержанием углерода, обладающих высокой вспучиваемостью.

В промышленных масштабах производство керамзита осуществляется во многих странах (Россия, Украина, Франция, Чехия, Япония и др.). Наличие углеотходов с высоким содержанием  $Al_2O_3$  дает основание рассматривать их как сырье для получения алюминийсодержащих продуктов.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Одной из главных проблем при использовании отходов добычи и обогащения угля в качестве вторичного сырья является неоднородность и нестабильность их состава. Это обуславливает необходимость подготовки отходов перед их использованием.

#### **Технические соображения, касательно применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

Использование отходов в качестве вторичного сырья может быть экономически оправданным в том случае, если из них будут производиться продукты такого же или более высокого качества.

Использование отходов в различных отраслях позволит уменьшить себестоимость материалов, расширить сырьевую базу строительной индустрии, улучшить экологию районов, где проводится добыча полезных ископаемых, а также получить дополнительную прибыль горным предприятиям.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

### **5.9.2.4. Использование пресс-фильтров для обезвоживания отходов обогащения**

#### **Наименование**

Фильтр-прессы применяются для фильтрования широкого класса суспензий, а также пригодны для разделения суспензий с небольшой концентрацией твердых частиц и суспензий с повышенной температурой, охлаждение которых недопустимо вследствие выпадения кристаллов из жидкости.

#### **Техническое описание**

Принцип действия заключается в фильтрации осадков под большим давлением, обеспечивающим максимально возможное удаление влаги из осадков. Они являются фильтровальными аппаратами периодического действия. Процесс обезвоживания на них осуществляется в несколько стадий в зависимости от конструкции фильтра и используемого технологического режима.

Фильтр-пресс предназначен для обезвоживания осадков и шламов, которые были предварительно сгущены до 3 – 5 % гравитационным или механическим способом. При необходимости в обработке не сгущенного осадка может использоваться комбинация из фильтр-пресса и сгустителя, надстроенного сверху. Это дает возможность сэкономить место и повысить производительность обработки шламов. Ленточный пресс-фильтр может иметь автоматическую, полуавтоматическую конструкцию, а также неавтоматизированную (подразумевает производство работ за счет ручного труда).

Сначала осадок обрабатывается раствором флокулянта с целью улучшения его водоотдающих свойств. Специальный шламовый насос транспортирует его из сборных емкостей в барабан для предварительного сгущения на верхней ленте фильтр-пресса. Затем происходит гравитационное сгущение и уравнивание поступающего на сетку потока. Напор подаваемой в аппарат суспензии является основным фактором всего процесса фильтрования. Под давлением обрабатываемое вещество поступает внутрь системы с плотно сжатыми фильтровальными лентами и валами. Здесь осадок зажимается между двумя перфорированными лентами и проходит через несколько (обычно 12 или 14) валов уменьшающегося диаметра. Это обеспечивает постепенное повышение давления на шлам, за счет чего оптимизируется процесс прессования и повышается производительность системы в целом. Твердая фаза задерживается на поверхности фильтровального полотна, а жидкая свободно проникает через фильтровальную ткань и далее через систему каналов выводится из фильтра. Обезвоженный осадок при помощи скребка удаляется с ленты, а затем сбрасывается в устройство выгрузки. В нижней части пресса предусмотрен специальный лоток для сбора фильтрата, а для очищения лент – две промывочные линии, которые непрерывно обрабатывают их из форсунок перед поступлением новой партии осадка.



Рисунок 5.39. Рамные пресс-фильтры

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет снижения водопотребления.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Снижение эксплуатационных затрат, снижение эмиссий.

### **Кросс-медиа эффекты**

Повышение производительности, качества выпускаемого концентрата. Снижение потерь по выпуску концентрата. Легкая управляемость процессом (выпуск концентрата с заданными качественными показателями).

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Пресс-фильтры используются в любых отраслях промышленности, в том числе горной, которые требуют осуществления эффективного обезвоживания шламов и суспензий, получения низкой влажности осадка и высокой чистоты фильтрата.

### **Экономика**

Данная техника не является новой. Схема и технология рассчитывается в этапах проектирования. Стоимость, затраты, экономика рассчитывается при проектных работах и закладываются в эксплуатационные параметры предприятия.

Экономические выгоды:

превращение отходов в строительный материал;

снижение расходов воды за счет ее вторичного использования;

снижение расходов на утилизацию шламового осадка;

снижение расходов на утилизацию загрязненной воды.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения служат повышение производительности, качества выпускаемого концентрата, снижение потерь по выпуску концентрата и улучшение экологических показателей.

## **5.2.9.5. Использование керамических вакуум-фильтров для обезвоживания отходов обогащения**

### **Наименование**

Керамические вакуум-фильтры предназначены для разделения суспензий с относительно однородным составом и медленно осаждающимися частицами твердой фазы.

### **Техническое описание**

Керамический дисковый вакуум-фильтр состоит из: керамических секторов, ротора, ванны, устройства регенерации (ультразвуковая), рама, вакуум система, трубопроводная система, устройство выгрузки осадка, клапана и система управления фильтром.

Керамический вакуум-фильтр имеет высокий КПД, что способствует увеличению производительности и интенсивности эксплуатации. Отсутствие фильтровальной ткани дает возможность использовать более глубокий вакуум и как результат получать более сухой осадок. Использование керамического фильтра той же поверхности

фильтрования, что и обычный дисковый позволяет экономить до 85 % электроэнергии. Наличие маленьких микропор, позволяет получать более чистый фильтрат, как правило 21 мг/л.



Рисунок 5.40. Керамический вакуум-фильтр

Керамический фильтр в основном состоит из таких частей, как роликовая система перемешивания, система подачи и разгрузки материала, вакуумная система, система разгрузки фильтрата, скреперная система, система обратной промывки, система комбинированной очистки (ультразвуковая очистка, автоматическая очистка с приготовлением кислоты), система полностью автоматического управления, корыто и станина.

Испытания были проведены на керамической фильтровальной дисковой установке капиллярного действия (КДФ-0,5). На основе пятичасовых циклов работы определено, что средняя влажность кека, получаемая на установке КДФ составила 21,8 % при работе с мембранными элементами, и 23 % при работе на элементах без мембраны. Средняя удельная производительность составила  $189 \text{ кг/м}^2/\text{ч}$  для мембранных элементов;  $210 \text{ кг/м}^2/\text{ч}$  – для безмембранных. Так как установка работает в сутки 20 ч (4 ч отводится на регенерацию), суточная удельная производительность составит:  $189 \times 20 = 3780 \text{ кг/м}^2/\text{сут}$  – для мембранных элементов;  $210 \times 20 = 4200 \text{ кг/м}^2/\text{сут}$  – для элементов без мембраны.

Характеристики:

Высокая степень вакуума керамико-дискового фильтра от 0,09 до 0,098 МПа обеспечивает низкое содержание влаги фильтровального осадка.

Фильтрат подвергается вторичному использованию, что снижает сброс сточных вод

В отличие с обычными керамическими фильтрами керамические вакуум-фильтры имеют функция промывки фильтровального осадка и пригодны для фильтрации материалов, подвергающихся промывке.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Экологические преимущества:

отсутствие аэрозольных выбросов в рабочей зоне;

чистота фильтрата до 0,001 г/л, не загрязняющая производство и окружающую среду;

низкое потребление энергии за счет попадания фильтрата в поры под действием капиллярной силы, автоматически.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Высокая удельная производительность – в 1,5 – 5 раз выше, чем у аналогичных фильтров с тканевой фильтрующей перегородкой;

Низкая влажность кека – возможность снижения влажности кека до 5 % при удельной плотности концентрата 7,5 г/см<sup>3</sup>.

Экономия энергоресурсов – снижение энергопотребления в 10 – 20 раз за счет отсутствия энергоемкого оборудования: вакуум-насоса, воздухоотдувки и проч.

Снижение эксплуатационных затрат:

сокращение простоев для замены фильтрующей перегородки;

сокращение затрат на замену фильтрующей перегородки;

отсутствие абразивного износа деталей в системе отвода фильтрата.

Экологические преимущества:

отсутствие аэрозольных выбросов в рабочей зоне;

чистота фильтрата до 0,001 г/л, не загрязняющая производство и окружающую среду.

Операционные преимущества:

снижение объема работ по обслуживанию фильтра;

компактность автономных систем фильтра, позволяющая уменьшить производственные площади;

непрерывность работы фильтра при высокой степени автоматизации.

Высокий коэффициент использования за счет простой конструкции фильтра с малым объемом технического обслуживания.

Высокая надежность за счет небольшого количества движущихся частей и малой зависимости от вспомогательного оборудования

#### **Кросс-медиа эффекты**

Применение азотной кислоты для очистки керамопластин

**Технические соображения, касающиеся применимости**

Для применимости на других предприятиях необходимо проведение тестовых испытаний.

### **Экономика**

По результатам теста необходим экономический расчет. Основное преимущество перед другими системами фильтрации – снижение энергопотребления до 90 %, так как воздух не проходит через диски за счет использования капиллярной силы, действующей на поры. Прорыву воздуха препятствуют мелкие поры фильтра, что позволяет поддерживать более высокий уровень вакуума. Следовательно, потери вакуума меньше, а это означает, что требуемый вакуумный насос меньше, чем в обычных дисковых фильтрах, что сводит к минимуму эксплуатационные расходы. Мощность, потребляемая вакуумным керамическим фильтром 45 м<sup>2</sup> площади фильтрации, составляет 15 кВт, при этом 170 кВт потребляют аналогичные фильтры с тканевыми мембранами. Еще одним преимуществом вакуумного керамического фильтра является высокая производительность при очень низком содержании воды и более сухой фильтровальной лепешке. Вакуумные керамические фильтры также имеют более длительный срок службы, в то время как тканевые фильтры необходимо заменять, что в итоге увеличивает содержание влаги в осадке, снижает производительность и нарушает производственные операции. Кроме того, керамический фильтр достаточно надежен как механически, так и химически, чтобы выдерживать регенерацию.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

## **6. Заключение, содержащее выводы по НДТ**

Техники, перечисленные и описанные в настоящем разделе, не носят нормативный характер и не являются исчерпывающими. Могут использоваться другие техники, обеспечивающие достижение уровней эмиссий и технологических показателей, связанных с применением НДТ, при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких НДТ, описанных в заключении по НДТ.

Технологические показатели, связанные с применением наилучших доступных техник, определяются как диапазон уровней эмиссий, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной и (или) комбинации наилучших доступных техник.

В настоящем заключении по НДТ:

технологические показатели по выбросам в атмосферу выражаются как масса выбросов на объем отходящего газа при нормальных условиях (273,15 К, 101,325 кПа) за вычетом содержания водяного пара, выраженная в мг/Нм<sup>3</sup>;

технологические показатели по сбросам в водные объекты выражаются как масса сброса на объем сточных вод, выраженная в мг/л;

при фактических значениях уровней эмиссий маркерных загрязняющих веществ ниже или в пределах диапазона указанных технологических показателей, связанных с применением НДТ, требования, определенные настоящим разделом, являются соблюденными.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, в том числе уровней потребления энергетических, водных и иных ресурсов для соответствующего показателя и (или) отрасли определяются согласно действующим национальным нормативным правовым актам.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, выражаются в количестве потребления ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги. Соответственно, установление иных технологических показателей обусловлено применяемой технологией производства. Кроме того, в результате анализа потребления энергетических, водных и иных (сырьевых) ресурсов, проведенного в разделе "Общая информация", получен вариативный ряд показателей, который зависит от многих факторов: качественные показатели сырья, производительность и эксплуатационные характеристики установки, качественные показатели готовой продукции, климатические особенности регионов и т. д.

Технологические показатели потребления ресурсов должны быть ориентированы на внедрение НДТ, в том числе прогрессивной технологии, повышение уровня организации производства, соответствовать наименьшим значениям (исходя из среднегодового значения потребления соответствующего ресурса), и отражать конструктивные, технологические и организационные мероприятия по экономии и рациональному потреблению.

Для периодов усреднения эмиссий применяются следующие определения (таблица 6.1)

Таблица 6.1. Периоды усреднения уровней выбросов/сбросов связанные с НДТ

№ п/п	Период усреднения	Выбросы	Сбросы
1	2	3	4
1	В среднем за сутки	Среднечасовые и получасовые значения концентраций загрязняющих веществ за сутки при непрерывном контроле	Среднее значение за период выборки в течение 24 часов, взятое в качестве средне пропорциональной пробы (или в виде средне пропорциональной по времени пробы, при условии, что демонстрируется

			достаточная стабильность потока) *
2	Среднее значение за период выборки	Среднее значение трех последовательных измерений, по меньшей мере, 30 минут каждое, если не указано иное **	

Примечание:

\* для периодических процессов может использоваться среднее значение полученной величины измерений, взятых за общее время отбора проб или результат измерения, в результате разового отбора проб;

\*\* для переменных потоков может использоваться другая процедура выборки, дающая репрезентативные результаты (например, точечный отбор проб). Для любого параметра, при котором, вследствие ограничений по отбору проб или анализа, 30-минутные измерения недопустимы, применяется соответствующий период отбора проб

Если не указано иное, заключения по НДТ, представленные в настоящем разделе, являются общеприменимыми.

## 6.1. Общие НДТ

НДТ для конкретных процессов, указанные в разделах 6.2 – 6.5, применяются в дополнение к общим НДТ, приведенным в настоящем разделе.

### 6.1.1. Система экологического менеджмента

#### НДТ 1.

В целях улучшения общей экологической эффективности НДТ заключается в реализации и соблюдении системы экологического менеджмента (СЭМ), которая включает в себя все следующие функции:

- 1) заинтересованность и ответственность руководства, включая высшее руководство;
- 2) определение экологической политики, которая включает в себя постоянное совершенствование установки (производства) со стороны руководства;
- 3) планирование и реализация необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;
- 4) внедрение процедур, в которых особое внимание уделяется:
  - структуре и ответственности,
  - подбору кадров,
  - обучению, осведомленности и компетентности персонала,
  - коммуникации,



вовлечению сотрудников,  
 документации,  
 эффективному контролю технологического процесса,  
 программам технического обслуживания,  
 готовности к чрезвычайным ситуациям и ликвидации их последствий,  
 обеспечению соблюдения экологического законодательства;

5) проверка производительности и принятие корректирующих мер, при которых особое внимание уделяется:

мониторинг и измерения,  
 корректирующие и предупреждающие меры,  
 ведение записей,

независимый (при наличии такой возможности) внутренний или внешний аудит, для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям, ее внедрение и реализация;

6) анализ СЭМ и ее соответствия современным требованиям, полноценности и эффективности со стороны высшего руководства;

7) отслеживание разработки экологически более чистых технологий;

8) анализ возможного влияния на окружающую среду при выводе установки из эксплуатации, на стадии проектирования нового завода и на протяжении всего срока его эксплуатации;

9) проведение сравнительного анализа по отрасли на регулярной основе.

Разработка и реализация плана мероприятий по неорганизованным выбросам пыли и использование системы управления техническим обслуживанием, которая особенно касается эффективности систем снижения запыленности, также являются частью СЭМ.

Объем (например, уровень детализации) и характер СЭМ (например, стандартизованная или не стандартизованная), как правило, связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также уровнем воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

### 6.1.2. Управление энергопотреблением

#### НДТ 2.

Наилучшей доступной техникой является сокращение потребления тепловой и энергетической энергии путем применения одной или комбинации нескольких из перечисленных ниже техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
	использование системы управления эффективным использованием энергии (	

1	например, в соответствии со стандартом ISO 50001)	общеприменимо
2	применение ЧРП на различном оборудовании (конвейерное, вентиляционное, насосное и т. д.)	общеприменимо
3	применение энергосберегающих осветительных приборов	общеприменимо
4	применение электродвигателей с высоким классом энергоэффективности	общеприменимо
5	применение устройств компенсации реактивной мощности, а также фильтро-компенсирующих устройств, для фильтрации высших гармоник и компенсации реактивной мощности в электрических сетях предприятий	общеприменимо

### 6.1.3. Управление процессами

#### НДТ 3.

Наилучшей доступной техникой является измерение или оценка всех соответствующих параметров, необходимых для управления процессами из диспетчерских с помощью современных компьютерных систем с целью непрерывной корректировки и оптимизации процессов в режиме реального времени, для обеспечения стабильности и бесперебойности технологических процессов, что повысит энергоэффективность и позволит максимально увеличить производительность и усовершенствовать процессы обслуживания. НДТ заключается в обеспечении стабильной работы процесса с помощью системы управления процессом вместе с использованием одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	автоматизированные системы управления технологическим процессом и очистными сооружениями	общеприменимо
2	автоматизированные системы управления горнотранспортным оборудованием	общеприменимо
3	автоматизированные системы управления процессами обогащения	общеприменимо

### 6.1.4. Мониторинг выбросов

#### НДТ 4.

НДТ является проведение мониторинга выбросов маркерных загрязняющих веществ от основных источников выбросов всех процессов.

№ п/п	Параметр	Контроль, относящийся к НДТ :	Минимальная периодичность контроля*	Примечание
1	2	3	4	5
1	Пыль	НДТ 16	Непрерывно	Маркерное вещество

\* непрерывный мониторинг проводится посредством автоматизированной системы мониторинга на организованных источниках согласно требованиям, предусмотренным действующим экологическим законодательством Республики Казахстан.

#### 6.1.5. Мониторинг сбросов

##### НДТ 5.

НДТ заключается в проведении мониторинга сбросов маркерных загрязняющих веществ в месте выпуска сточных вод из очистных сооружений в соответствии с национальными и/или международными стандартами, регламентирующими предоставление данных эквивалентного качества.

№ п/п	Параметр	Минимальная периодичность контроля
1	2	3
1	Температура (С <sup>0</sup> )	Непрерывно*
2	Расходомер (м <sup>3</sup> /час)	Непрерывно*
3	Водородный показатель (ph)	Непрерывно *
4	Электропроводность (мкс - микросименс)	Непрерывное*
5	Мутность (ЕМФ-единицы мутности по формазину на литр)	Непрерывное*
6	Взвешенные вещества	согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал

\* выпуски сточных вод, отводимые с объекта I категории, подлежат оснащению автоматизированной системой мониторинга, согласно требованиям, предусмотренным действующим экологическим законодательством Республики Казахстан.

Для мониторинга сброса сточных вод существует множество стандартных процедур отбора проб и анализа воды и сточных вод, в том числе:

случайная проба – одна проба, взятая из потока сточных вод;

составная проба – проба, отбираемая непрерывно в течение определенного периода, или проба, состоящая из нескольких проб, отбираемых непрерывно или периодически в течение определенного периода и затем смешанных;

квалифицированная случайная проба – составная проба из не менее чем пяти случайных проб, отобранных в течение максимум двух часов с интервалом не менее двух минут и затем смешанных.

### 6.1.6. Физическое воздействие

#### НДТ 6.

В целях снижения уровня шума НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	регулярное техобслуживание оборудования, герметизация и ограждение вызывающих шум технических средств	общеприменимо
2	сооружение шумозащитных валов	общеприменимо
3	учет характера распространения шума и планирование работ с учетом этого, например, расположение блока измельчения и грохочения в подземном пространстве или частично под землей, расположение издающих шум машин недалеко друг от друга и в заглублении по отношению к уровню земли (уменьшается также площадь воздействия), закрытие дверей цеха обогащения и измельчения	общеприменимо
4	выбор направления проходки таким образом, чтобы место проведения работ оставалось по отношению к населенному пункту за очистным забоем	общеприменимо
5	оставление неотбитых стенок для защиты от шума в направлении населенного пункта	общеприменимо
6	оставление деревьев и других растений на краю рудничной территории или вокруг объектов, издающих шум	общеприменимо
7	ограничение размера заряда при взрыве, а также оптимизация объема взрывчатых веществ	общеприменимо

8	предварительное извещение о взрыве и проведение взрывных работ в определенное, по возможности в одно и то же, время дня. Взрыв вызывает сильный, но непродолжительного характера шум, поэтому предварительное извещение о нем положительно влияет на отношение к этому страдающих от шума	общеприменимо
9	планирование транспортных маршрутов и осуществление перевозки в такие сроки, когда они вызывают минимальное воздействие	общеприменимо

## НДТ 7.

В целях снижения уровня запаха НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	надлежащее хранение и обращение с пахучими материалами;	общеприменимо
2	тщательное проектирование, эксплуатация и техническое обслуживание любого оборудования, которое может выделять запахи;	общеприменимо
3	сведение к минимуму использование пахучих материалов; сокращение до минимально возможных показателей времени пребывания сточных вод и осадков сточных вод в системах сбора и хранения, в частности, в анаэробных условиях;	общеприменимо
4	использование химических веществ для уничтожения или сокращения образования пахучих веществ;	общеприменимо
5	оптимизация аэробного разложения;	общеприменимо
	покрытие или ограждение объектов сбора и обработки	

6	сточных вод и осадков сточных вод с целью сбора пахучих отходящих газов для дальнейшей обработки;	общеприменимо
7	обработка выбросов/сбросов за пределами основного производства ("на конце трубы") (может включать биохимическую обработку; окисление при повышенной температуре).	общеприменимо

## 6.2. Неорганизованные выбросы

### НДТ 8.

Для предотвращения или, если это практически невозможно, сокращение неорганизованных выбросов пыли в атмосферу НДТ заключается в разработке и реализации плана мероприятий по неорганизованным выбросам, как части системы экологического менеджмента (смотреть НДТ 1), который включает в себя:

определение наиболее значимых источников неорганизованных выбросов пыли;

определение и реализация соответствующих мер и технических решений для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов в течение определенного периода времени.

### НДТ 9.

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при проведении производственного процесса добычи угля.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при проведении производственного процесса добычи угля, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	пылеподавление в очистном и подготовительном забое	общеприменимо
2	обеспыливающее проветривание	общеприменимо
3	пылеулавливание и орошение пылящих поверхностей для связывания пыли	общеприменимо
4	применение технической воды и различных активных средств для связывания пыли	общеприменимо

### НДТ 10.

Наилучшей доступной техникой является управление содержанием метана в горных выработках.

К мерам, применимым для управления содержания метана в горных выработках относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	дегазация угольного пласта и изолированный отвод метановоздушной смеси	ограничена конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью
2	измерение концентрации метана в воздухе горных выработок	общеприменимо
3	измерение концентрации метана в воздухе вентиляционной струи на ее выходе на поверхность земли	общеприменимо
4	проветривание горных выработок для удаления метана и иных газов без их улавливания	общеприменимо
5	извлечение и утилизация метана угольных пластов	ограничена конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью

### НДТ 11.

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при проведении взрывных работ.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при проведении взрывных работ относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	проведение взрывных работ в оптимальный временной период с учетом метеоусловий	общеприменимо
2	частичное взрывание на "подпорную стенку" в зажиме	общеприменимо
3	использование в качестве ВВ простейших и эмульсионных	общеприменимо

	составов с нулевым или близким к нему кислородным балансом	
4	использование зарядных машин с датчиками контроля подачи взрывчатых веществ	общеприменимо
5	использование естественной обводненности горных пород и взрывааемых скважин	общеприменимо
6	использование неэлектрических систем инициирования для ведения взрывных работ в подземных условиях	общеприменимо

### НДТ 12.

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при проведении буровых работ.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при проведении буровых работ, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	позиционирование буровых станков в реальном времени с применением системы контроля параметров высокоточного бурения	общеприменимо
2	применение технической воды и различных активных средств для связывания пыли	общеприменимо
3	оснащение буровой техники средствами эффективного пылеподавления и пылеулавливания в процессе бурения технологических скважин	общеприменимо

### НДТ 13.

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3



1	оборудование эффективными системами пылеулавливания, вытяжным и фильтрующим оборудованием для предотвращения выбросов пыли в местах разгрузки, перегрузки, транспортировки и обработки пылящих материалов	общеприменимо
2	применение установок локализации пыли и пылегазового облака	общеприменимо
3	применение стационарных и передвижных гидромониторно-насосных установок, на колесном и рельсовом ходу	общеприменимо
4	организация процесса перевалки пылеобразующих материалов	общеприменимо
5	укрытие железнодорожных вагонов и кузовов автотранспорта	общеприменимо
6	применение устройства и установки для выравнивания и уплотнения верхнего слоя грузов при транспортировке в железнодорожных вагонах и др.	общеприменимо
7	очистка автотранспортных средств (мойка кузова, колес), используемых для транспортировки пылящих материалов	общеприменимо
8	применение различных видов и типов укрытого конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы	общеприменимо
9	проведение замеров дымности и токсичности автотранспорта и контрольно-регулирующих работ топливной аппаратуры	общеприменимо
10	применение каталитических технологий очистки выхлопных газов ДВС	общеприменимо
11	применение большегрузной высокопроизводительной горной техники	общеприменимо

#### **НДТ 14.**

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при хранении угля и продуктов их переработки.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при хранении угля и продуктов их переработки, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	укрепление откосов ограждающих дамб хвостохранилищ	общеприменимо
2	устройство лесозащитной полосы по границе земельного отвода вдоль отвалов рыхлой вскрыши (посадка деревьев)	общеприменимо
3	закрепление пылящих поверхностей хвостохранилищ путем нанесения на поверхность меловой суспензии с последующей обработкой ее разбавленным раствором серной кислоты)	общеприменимо
4	использование отходов полиэтилена и полипропилена с последующей температурной обработкой до сплавления с поверхностью хвосто- и шламоохранилища	общеприменимо
5	прокладка труб с разбрызгивателями воды мелкодисперсной фракции по периметру хвостохранилища	общеприменимо
6	использование ветровых экранов	общеприменимо
7	рекультивация пылящих поверхностей	общеприменимо
8	орошение пылящих поверхностей штабелей различными стационарными и мобильными дождевальными (поливальными) установками и гидромониторами для связывания пыли	общеприменимо
9	применение туманообразующих установок для связывания мелкодисперсной пыли	общеприменимо
10	применение технической воды, различных ПАВ, смачивателей для связывания пыли	общеприменимо
11	последовательный порядок отсыпки пород (заливание или засыпка нижних пористых частей отвалов негорючими материалами; предварительное увлажнение пластов посредством	общеприменимо

	принудительного нагнетания в них воды или специальных антипирогенных растворов)	
12	внесение ингибиторов (антиокислителей в виде растворов, водных эмульсий, суспензий или сухих реагентов) в процессе формирования штабелей с послойным и поверхностным уплотнением угля или с помощью специальной насосной установки через трубы с отверстиями, погружаемые в штабель	общеприменимо
13	покрытие поверхности штабеля специальными составами	общеприменимо
14	покрытие поверхности штабеля суспензией гашеной извести в целях уменьшения перегрева штабеля	общеприменимо
15	уплотнение верхних и боковых поверхностей отвалов	общеприменимо
16	формирование (переформирование) оптимальных по форме и структуре негорящих и устойчивых отвалов	общеприменимо
17	проведение рекультивационных работ	общеприменимо
18	ведение теплового мониторинга.	общеприменимо

### 6.3. Организованные выбросы

Представленные ниже техники и достижимые с их помощью уровни эмиссий установлены для источников, оборудованных принудительными системами вентиляции

#### 6.3.1. Выбросы пыли

##### НДТ 15.

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение выбросов пыли, а также сокращение энергопотребления, сокращение образования отходов при проведении производственного процесса обогащения угля.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при проведении производственного процесса добычи и обогащения угля, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3

1	Техника обогащения в тяжелых средах (жидкостях и суспензиях)	общеприменимо
2	Техника отсадки	общеприменимо
3	Техника обогащения в струе воды, текущей по наклонной плоскости (концентрационные столы)	общеприменимо
4	Техника сухого обогащения	общеприменимо
5	Техника противоточной сепарации	общеприменимо
6	Техника обогащения необесшамленных углей	общеприменимо
7	Техника обезвоживания	общеприменимо
8	Техника брикетирования	общеприменимо
9	Техника использования грохотов с высокой удельной производительностью для мокрого грохочения с полиуретановыми панелями при классификации	общеприменимо
10	Техника использования угольных вертикальных мельниц	общеприменимо
11	Техника флотации угольных шламов	общеприменимо
12	Специальные техники обогащения	общеприменимо

## НДТ 16.

В целях сокращения выбросов пыли при процессах, связанных с дроблением, грохочением, транспортировкой, хранением, НДТ заключается в использовании следующих техник очистки или их комбинации.

№ п/п	Техники	Применимость
1	применение камер гравитационного осаждения	общеприменимо
2	применение циклонов	общеприменимо
3	применение мокрых газоочистителей	общеприменимо

Таблица 6.2. Технологические показатели выбросов пыли при процессах, связанных с дроблением, грохочением, транспортировкой, хранением

№ п/п	Техники	НДТ-ТП (мг/Нм <sup>3</sup> ) *,**
1	2	3
1	Электрофильтр	5 – 20
2	Рукавный фильтр	
3	Фильтр с импульсной очисткой	

\* при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

1) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

2) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

3) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

При отсутствии непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными если результаты каждой серий измерений или иных процедур, определенными в соответствии с правилами, установленными компетентными органами, не превышают пороговые значения выбросов;

\*\* для процессов дробления и классификации (грохочения) действующих установок 20 – 100 мг/Нм<sup>3</sup>.

Мониторинг, связанный с НДТ: смотреть НДТ 4.

#### 6.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод

##### НДТ 17.

Наилучшей доступной техникой для удаления и очистки сточных вод является управление водным балансом предприятия. НДТ заключается в использовании одной из или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	разработка водохозяйственного баланса горнодобывающего предприятия	общеприменимо
2	внедрение системы оборотного водоснабжения и повторного использования воды в технологическом процессе	общеприменимо
3	сокращение водопотребления в технологических процессах	общеприменимо
4	гидрогеологическое моделирование месторождения	общеприменимо
5		на действующих установках применимость может быть

	внедрение систем селективного сбора шахтных и карьерных вод	ограничена конфигурацией существующих систем сбора сточных вод
6	использование локальных систем очистки и обезвреживания сточных вод	на действующих установках применимость может быть ограничена конфигурацией существующих систем очистки сточных вод

### НДТ 18.

Наилучшей доступной техникой для снижения гидравлической нагрузки на очистные сооружения и водные объекты является снижение водоотлива карьерных и шахтных вод путем применения отдельно или совместно следующих технических решений.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	применение рациональных схем осушения карьерных и шахтных полей	определяется исходя из горно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разрабатываемого месторождения
2	использование специальных защитных сооружений и мероприятий от поверхностных и подземных вод, таких как водопонижение и/или противодиффузионные завесы и другое	общеприменимо
3	оптимизация работы дренажной системы	общеприменимо
4	изоляция горных выработок от поверхностных вод путем регулирования поверхностного стока	общеприменимо
5	отвод русел рек за пределы горного отвода	применяется в тех случаях, когда обводнение карьера или шахты за счет поступления вод из них достаточно существенно
6	недопущение опережающего понижения уровней подземных вод	общеприменимо
7	предотвращение загрязнения шахтных и карьерных вод в процессе откачки	общеприменимо

### НДТ 19.

Наилучшей доступной техникой для снижения негативного воздействия на водные объекты является управление поверхностным стоком территории наземной инфраструктуры с целью сведения к минимуму попадания ливневых и талых сточных вод на загрязненные участки, отделения чистой воды от загрязненной, предотвращения эрозии незащищенных участков почвы, предотвращения заиливания дренажных систем путем применения отдельно или совместно следующих технических решений.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	организация системы сбора и очистки поверхностных сточных вод с породных отвалов	общеприменимо
2	перекачка сточных вод из гидротехнических сооружений при отвалах в хвостохранилище	общеприменимо
3	отведение поверхностного стока с ненарушенных участков в обход нарушенных участков, в том числе и выровненных, засеянных или озелененных, что позволит минимизировать объемы очищаемых сточных вод	общеприменимо
4	очистка поверхностного стока с нарушенных и загрязненных участков территории с повторным использованием очищенных сточных вод на технологические нужды	общеприменимо
5	организация ливнестоков, траншей, канав надлежащих размеров; оконтуривание, террасирование и ограничение крутизны склонов; применение отмоستков и облицовок с целью защиты от эрозии	общеприменимо
6	организация подъездных дорог с уклоном, оснащение дорог дренажными сооружениями	общеприменимо
7	выполнение фитомелиоративных работ биологического этапа рекультивации, осуществляемых сразу же после создания корнеобитаемого слоя с целью предотвращения эрозии	общеприменимо

Наилучшей доступной техникой для снижения уровня загрязнения сточных (шахтных, карьерных) вод веществами, содержащимися в горной массе, продукции или отходах производства, является применение одной или нескольких приведенных ниже техник очистки сточных вод:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	осветление и отстаивание	общеприменимо
2	фильтрация	общеприменимо
3	сорбция	общеприменимо
4	коагуляция, флокуляция	общеприменимо
5	химическое осаждение	общеприменимо
6	нейтрализация	общеприменимо
7	окисление	общеприменимо
8	ионный обмен	общеприменимо

Таблица 6.3. Технологические показатели сбросов при сбросах карьерных и шахтных сточных вод при добыче угля, поступающих в поверхностные водные объекты

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/дм <sup>3</sup> ) *
1	2	3
1	Взвешенные вещества	C <sub>н.к.</sub> – 25

\*

среднесуточное значение;

используемые показатели в местах выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод;

в отношении установления технологических показателей в сбросах карьерных и шахтных сточных вод в пруды-накопители и пруды-испарители норма не будет распространяться при условии их соответствия требованиям, применяемым в отношении гидротехнических сооружений с подтверждением отсутствия воздействия на поверхностные и подземные водные ресурсы по результатам мониторинговых исследований за последние 3 года;

установление факта негативного воздействия на поверхностные и подземные водные ресурсы свидетельствует о нарушении требований, применяемых к гидротехническим сооружениям. В этом случае количественные показатели эмиссий должны соответствовать действующим санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды по отношению к местам культурно-бытового водопользования;



в целях соблюдения экологических нормативов качества ( $C_{н.к.}$ ) и недопущения ущерба окружающей среде установление технологических показателей при сбросе сточных вод в водные объекты выше экологических нормативов качества допускается до верхней границы соответствующего диапазона при обосновании в рамках оценки воздействия на окружающую среду.

Мониторинг, связанный с НДТ: смотреть НДТ 5.

## 6.5. Управление отходами

### НДТ 21.

Чтобы предотвратить или, если предотвращение невозможно, сократить количество отходов, направляемых на утилизацию, НДТ подразумевают составление и выполнение программы управления отходами в рамках системы экологического менеджмента (смотреть НДТ 1), который обеспечивает, в порядке приоритетности, предотвращение образования отходов, их подготовку для повторного использования, переработку или иное восстановление.

### НДТ 22.

В целях снижения количества отходов, направляемых на утилизацию при добыче и обогащении угля, НДТ заключается в организации операций на объекте, для облегчения процесса повторного использования технологических полупродуктов или их переработку с помощью использования одной и/или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	использование пресс-фильтров для обезвоживания отходов обогащения	общеприменимо
2	использование керамических вакуум-фильтров для обезвоживания отходов обогащения	общеприменимо
3	использование отходов угледобычи в качестве строительных материалов и вторичного сырья	общеприменимо
4	использование отходов при заполнении выработанного пространства	общеприменимо
5	использование отходов при ликвидации горных выработок	общеприменимо

## НДТ 23.

В целях снижения потребления энергоресурсов, необходимых для дробления и размораживания смерзшегося угля и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при мероприятиях по восстановлению сыпучести угля при добыче и обогащении угля, НДТ заключается в организации операций на объекте, для облегчения процесса повторного использования технологических полупродуктов или их переработку с помощью использования одной и/или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	взрыхление верхнего слоя штабеля	ограничено применением при толщине промерзания не более 100 – 150 мм;
2	обработка верхнего слоя угля до заморозков ПАВ (нефтепродуктами, отходами коксохимического и нефтеперерабатывающего производств) на глубину промерзания	общеприменимо

### 6.6. Требования по ремедиации

Основным фактором воздействия на атмосферный воздух при добыче и обогащении угля являются выбросы загрязняющих веществ, возникающие в результате эксплуатации организованных источников выбросов. Неорганизованные выбросы пыли возникают при дроблении, транспортировке, складировании сухих материалов, их подаче в бункеры мельниц, движении автотранспорта по дорогам.

Величина воздействия деятельности производственных объектов добычи и обогащения угля на грунтовые и подземные воды зависит от объема водопотребления и водоотведения, эффективности работы очистных сооружений, качественной характеристики сброса сточных воды на поля фильтрации и рельеф местности. Производственные стоки отсутствуют, если только система охлаждающей воды установки не имеет замкнутого контура.

Образующиеся в результате производственных и технологических процессов отходы могут передаваться на утилизацию/переработку сторонним организациям на договорной основе, частично используются для собственных нужд при заполнении выработанного пространства, часть возвращается в производство.

Согласно Экологическому кодексу ремедиация проводится при выявлении факта экологического ущерба:

- животному и растительному миру;
- подземным и поверхностным водам;

землям и почве.

Таким образом, в результате деятельности предприятий по добыче и обогащению угля следующие негативные последствия наступают в результате загрязнения атмосферного воздуха и дальнейшего перехода загрязняющих веществ из одного компонента природной среды в другую:

загрязнение земель и почв в результате осаждения загрязняющих веществ из атмосферного воздуха на поверхность почв и дальнейшая их инфильтрация в поверхностные и подземные воды;

воздействие на животный и растительный мир.

При обнаружении фактов экологического ущерба компонентам природной среды по результатам производственного и (или) государственного экологического контроля, причиненного в результате антропогенного воздействия, и при закрытии и (или) ликвидации последствий деятельности, необходимо провести оценку изменения состояния компонентов природной среды в отношении состояния, установленного в базовом отчете или эталонного участка.

Лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должна предпринять соответствующие меры для устранения такого ущерба, чтобы восстановить состояние участка, следуя нормам Экологического кодекса (статьи 131 – 141 раздела 5) и методическим рекомендациям по разработке программы ремедиации.

Помимо того, лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должно принять необходимые меры для удаления, сдерживания, или сокращения эмиссий соответствующих загрязняющих веществ, также для контрольного мониторинга в сроки и периодичность, для того чтобы, с учетом их текущего, или будущего утвержденного целевого назначения, участок больше не создавал значительного риска для здоровья человека, и не причинял ущерб от ее деятельности в отношении окружающей среды из-за загрязнения компонентов природной среды.

## **7. Перспективные техники**

Данный раздел содержит информацию о новейших техниках добычи и обогащения угля, в отношении которых проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы или осуществляется их опытно-промышленное внедрение.

### **7.1. Перспективные техники в области добычи угля открытым и подземным способом**

#### **7.1.1. Беспилотная техника**

Пионером на рынке беспилотной тяжелой техники считается американский Caterpillar. Больше 20 лет назад компания представила первый самоходный карьерный

самосвал. В настоящее время на железорудных предприятиях Западной Австралии действует несколько карьеров с полностью беспилотными большегрузными автосамосвалами. Начиная с 2013 года Caterpillar поставила на рудники австралийского горнодобывающего гиганта Fortescue Metals 56 автономных самосвалов Cat 793F, а в сентябре 2017 года получила заказ на модификацию еще 100 карьерных самосвалов в беспилотные машины. [75]

### Мировой опыт роботизации - компании и карьеры

Карьер	Страна	Роботизированная техника
<b>RIO Tinto</b> «Mine of the Future»	Австралия	73 самосвала Komatsu, ЖД транспорт
<b>RIO Tinto</b> Gina Rinehart's Roy Hill	Австралия	Проект карьера разрабатывался для автономных самосвалов
<b>Alberta Mining Corp</b>	Канада	Автономные самосвалы
<b>BHP Billiton, Dean Dalla Valle</b>	Австралия	Автономные самосвалы и буровые станки (Atlas Copco)
<b>BHP Billiton</b> Meandu coal mine Newman iron ore mine	Австралия	Автономные самосвалы
<b>Fortescue Mining Group</b>	Австралия	Анонсировано, что используется 45 автономных самосвалов CAT 793
<b>Codelco</b>	Чили	Автономные самосвалы Komatsu
<b>Anglo American</b>	ЮАР	Участок автономных шарнирно-сочлененных самосвалов (10 ед.)
<b>Алроса</b>	РФ	Использование дистанционно-управляемой техники

Рисунок 7.1. Мировой опыт внедрения беспилотных технологий

Самосвалы работают в режиме 24/7 ежедневно в течение года, что экономит недропользователю 500 ч работы в год. Управление всеми операциями выполняется с помощью системы Cat MineStar. Грузовики управляются дистанционно из операционного центра в Перте, который находится от Пилбары в 1200 км. Каждый карьерный робот-самосвал весом в 500 тонн двигается со скоростью 50 км/ч – почти в 2 раза выше, чем у опытных водителей. Точность ориентации роботов – 1 – 2 см. Отсутствует время на пересменки, обеды. Все это дает повышение производительности, снижение простоев, снижение удельных расходов топлива и снижение удельных выбросов.

"Беспилотники" взаимодействуют с любой управляемой человеком техникой – грейдерами, погрузчиками, автоцистернами, бульдозерами и др. За 4,5 года работы беспилотные автомобили Caterpillar показали на 20 % большую эффективность эксплуатации по сравнению с традиционными машинами.

Производительность "беспилотников" составила 99,95 %, поскольку эти машины не простаивали и трудились в среднем на 2,5 часа больше, чем автосамосвалы, управляемые людьми.



Рисунок 7.2. Схема управления беспилотными автосамосвалами

Роботизированные самосвалы БелАЗ грузоподъемностью 130 тонн работают на угольном разрезе "Черногорский" ООО "СУЭК-Хакасия" в паре с экскаватором ЭКГ-8У. Беспилотные автомобили движутся по выделенному участку разреза протяженностью 1350 метров и перевозят вскрышную породу. [76]



Рисунок 7.3. Кабина оператора беспилотного БелАЗа

### 7.1.2. Беспилотные тяговые агрегаты

Применение беспилотных тяговых агрегатов внутри разрезов и на поверхности. Отсутствует время на пересменки, обеды. Все это дает повышение производительности, снижение простоев, снижение удельных расходов электроэнергии. Повышение надежности работы оборудования за счет исключения нарушений технологической дисциплины, превышений скорости, проездов на запрещающий сигнал светофора и т. д. В Rio Tinto (крупнейшей горнодобывающей компании Австралии) подсчитали, что перевод 40 % железнодорожного транспорта на автоматику позволит уменьшить расходы на 2 долл. добытого полезного ископаемого и увеличить ее добычу на 5 %.

Первые испытания беспилотного грузового автомобиля "КамАЗ" стартовали в Кузбассе на шахте "Листвяжная" в 2019 г. (входит в состав "СДС-Уголь"), которая стала первой промышленной площадкой в России, где были продемонстрированы возможности беспилотного управления грузовиком. Автомобиль "КамАЗ" отрабатывает технологию передвижения по промышленной трассе протяженностью 1 км из точки погрузки в точку разгрузки. Инновационные автомобили с помощью датчиков могут без участия водителя выбирать безопасную скорость движения и маневрировать по промышленным дорогам. Кроме того, машины работают на метане, что позволяет снизить экологическую нагрузку от ведения горных работ. Движение автомобиля без участия водителя позволяет вывести человека из опасной зоны ведения горных работ, снизить вероятность ДТП и травматизма водителя. [77]

### **7.1.3 Автосамосвалы на альтернативных источниках энергии**

В странах Африки, в Бразилии, а теперь и США успешно эксплуатируется система транспорта с применением дизель-троллейбусов. Особенно показателен пример золоторудного карьера "Бетце" (США, шт. Невада), где для транспортирования 410 тысяч тонн горной массы в сутки используется парк из 73 дизель-троллейбусов грузоподъемностью 170 тонн.

В Африке грузовые троллейбусные предприятия начали работать с 1981 г., когда в карьерах Sishen (ЮАР) на участке 2 км начали работать 55 троллейбусов. С октября 1981 г. в ЮАР было открыто движение троллейбусов Unit Rig Lectra Haul M200eT в Пхалаборве (Phalaborwa), обслуживающих участок 8 км. С 1986 г. троллейбусы на шахтах и карьерах используют в Конго (карьер Lubembashi), Намибии (бассейн Россинга – Rossing – в пустыне Намиб) на медных рудниках Гега вблизи Лубумбаши в Заире.

В начале 2012 года компания NHL-North Haul Industries Group получила первый заказ на поставку на Намибийский горный урановый карьер Кояма тягача-троллейбуса с полуприцепом полной массой 330 тонн с донной загрузкой. [78]

На сегодняшний день фирма Siemens является ведущим поставщиком троллейбусов (рисунки 7.4) и их инфраструктуры.



Рисунок 7.4. Карьерный самосвал Siemens – троллейвоз

Возобновление интереса к троллейвозам связано, в первую очередь, с уменьшением потребления дизельного топлива карьерными самосвалами. Помимо очевидного снижения затрат на топливо, на основе современной технологической базы были получены дополнительные преимущества:

- увеличение производственной мощности горного предприятия и уменьшение количества машин за счет более высокой скорости самосвалов (более эффективное использование автопарка);

- значительно более высокая энергоэффективность (около 90 %);

- постоянный крутящий момент (включая высокий крутящий момент на малых скоростях);

- быстрое реагирование на нагрузку и лучшую перегрузочную способность;

- почти двухкратное увеличение скорости движения на руководящем уклоне;

- увеличение длительности работы дизельного двигателя между моментами обслуживания;

- двух-трехкратное сокращение расхода топлива и, следовательно, снижение расходов на топливо на 70 – 80 %;

- снижение затрат на техническое обслуживание самосвалов с дизельным двигателем ;

- повышение доступности обслуживания и увеличение жизненного цикла дизельного двигателя (меньше рабочих часов);

- низкий уровень шума и вибрации;



уменьшение объема выхлопа отработанных газов дизеля, загазованности карьера и образования тумана;

возможность запуска на линии на любой скорости и полезной нагрузки.

В настоящее время с целью создания высококонкурентоспособной карьерной техники работы по применению альтернативных источников энергии активно ведутся и на ОАО "БЕЛАЗ". [79]

Среди основных разработок:

электрический самосвал – карьерный самосвал грузоподъемностью 90 тонн, который в качестве источника энергии использует тяговые аккумуляторные батареи;

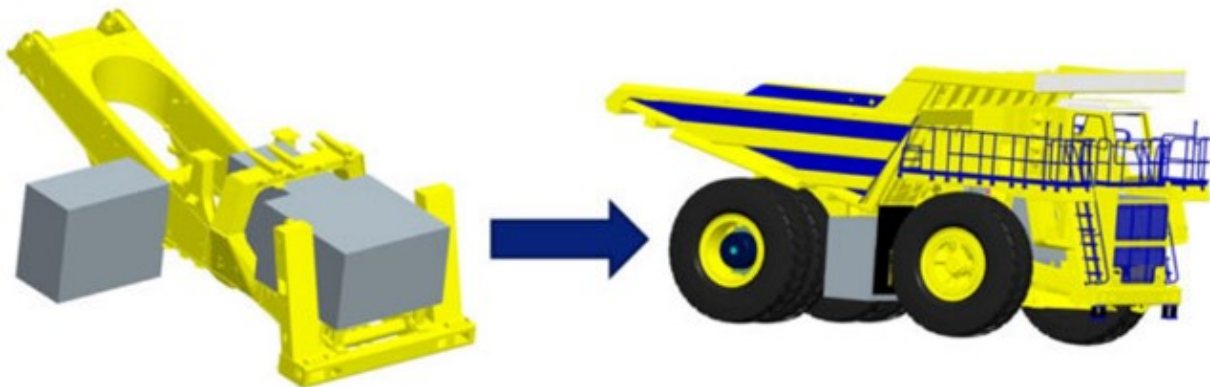


Рисунок 7.5. 3D-проект карьерного самосвала БЕЛАЗ на аккумуляторных батареях

дизель-троллейвоз – карьерный самосвал грузоподъемностью 220 – 240 тонн, который на определенном участке карьерной дороги использует внешний источник электрической энергии, за счет этого увеличивается скорость карьерного самосвала, уменьшаются выбросы в окружающую среду и экономится дизельное топливо, которое является одним из основных источников затрат при добыче полезных ископаемых открытым способом;





Рисунок 7.6. 3D-проект дизель-троллейвоза БелАЗ

самосвал, использующий газ в качестве топлива.

#### **7.1.4. Автоматизированная система управления буровыми работами и зарядными машинами**

Автоматизированная система управления буровыми работами и зарядными машинами позволит сократить время наведения станков на скважину, сформировать пакет физико-механических характеристик обуриваемого блока, повысить оперативный контроль за техническим состоянием бурового оборудования (рисунок 7.7). Полученная с АСУ БР информация позволит в реальном времени корректировать буровые работы на обрабатываемом блоке, а также даст информацию по нижележащему блоку, что позволит существенно повысить качество планирования взрывных работ, снизить расход ВВ и увеличить выход горной массы. Автоматизированное управление зарядными машинами позволит автоматически формировать потребность в зарядке скважины и производстве взрывчатых веществ, сократит перерасход взрывчатых веществ. [80]

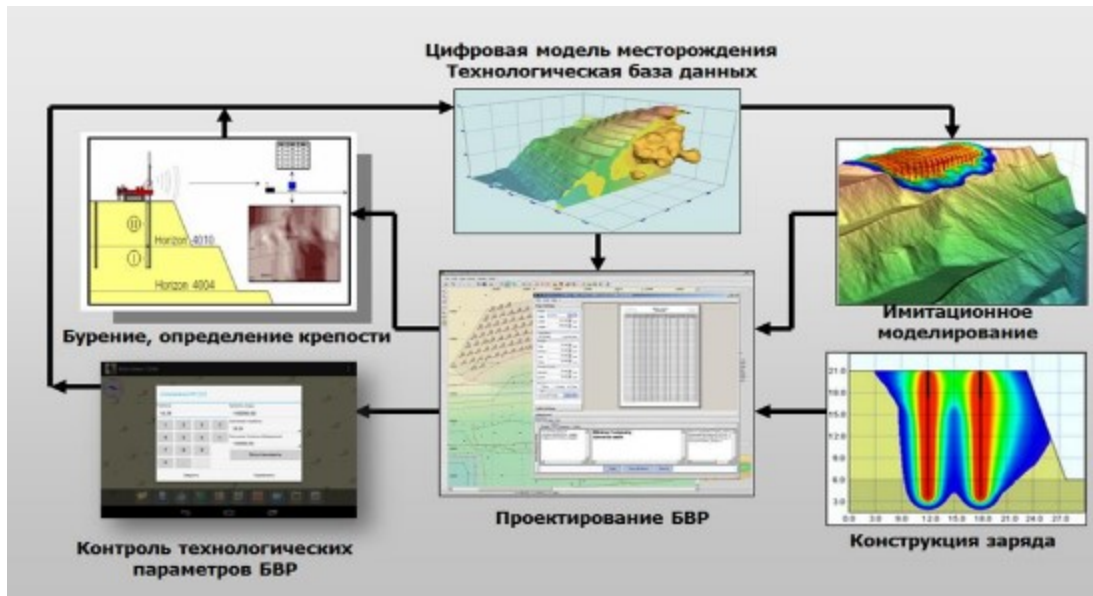


Рисунок 7.7. Схема автоматизированной системы управления буровыми работами

### 7.1.5. Применение систем высокоточного позиционирования ковша для забойных экскаваторов

Системы высокоточного позиционирования ковша экскаватора позволят в режиме реального времени с сантиметровой точностью позиционировать ковш экскаватора, обеспечивая высокоточную выемку и формирование проектной формы рельефа (отвалов, уступов, дорог), обеспечить отображение электронных проектов рабочих зон на дисплее оператора, отображение профилей фактической и проектной поверхностей, наложенных друг на друга для контроля достижения проектных значений (рисунок 7.8)

Данное мероприятие позволит сократить потери и засорение руды, повысить точность выполнения плановых показателей качества, обеспечить необходимый уровень шихтовки, оптимизировать определение составов породы, снизить необходимость повторного перемещения породы, количество неправильно назначаемых рейсов и объем выполняемых вручную изысканий, снизить потребление электроэнергии при производстве добычных работ.



Рисунок 7.8. Схема автоматизированной системы высокоточного позиционирования ковша экскаватора

#### 7.1.6. Применение беспилотных летательных аппаратов для производства маркшейдерских работ

Для горнодобывающих предприятий большой мощности характерны высокая скорость продвижения забоев, быстрая изменчивость границ отвального комплекса, угольных складов и, зачастую, одновременное существование двух, трех и более строительных площадок. Оперативный объективный контроль за такими объектами традиционными средствами затруднен. Для регулярной съемки участков местности площадью до 10 км<sup>2</sup> или при периодическом мониторинге ведения открытых горных работ, эффективным методом является аэрофотосъемка с использованием легких БПЛА, массой менее 10 кг.

Применение беспилотных летательных аппаратов для производства маркшейдерских работ (рисунок 7.9) позволит оперативно решать задачи картирования, оценки объемов горных выработок и отвалов при отработке месторождения открытым способом, повысить контроль за технологическими процессами в реальном времени, повысить качество планирования горных работ, ускорить процесс закрытия периода и подготовки отчетов для контролирующих органов. Данная технология позволит сократить ресурсы для производства маркшейдерских работ. Для задач мониторинга основным условием съемки является достаточное пространственное разрешение получаемых фотоматериалов для визуального анализа и контроля техногенных и природных объектов.



Рисунок 7.9. Беспилотный летательный аппарат на разрезе

На разрезе "Распадский" приступили к работе два беспилотных летательных аппарата. Использование техники позволит повысить оперативность и безопасность маркшейдерских замеров, и точность расчетов. За полчаса полета беспилотник способен сделать до 500 фотографий любой точки разреза. С их помощью специальная программа всего за час построит на компьютере 3D-модель горной местности. Ранее на аналогичную работу маркшейдеры тратили до двух дней. Максимальная высота аэрофотосъемки квадрокоптера – 500 м. Этого достаточно для работы маркшейдеров, при этом беспилотник не мешает полетам воздушных судов малой и большой авиации. Новый квадрокоптер может работать в сложных погодных условиях: при температуре до минус 20 и скорости ветра до 12 метров в секунду. [81]

#### **7.1.7. Автоматизация процессов добычных работ в подземных условиях**

Шахтная автоматизация обеспечит рациональную загрузку парка транспортных средств погрузочно-доставочных операций, оптимизацию параметров откатки, автоматизацию процессов бурения одной или нескольких скважин, вееров или забоя выработки, лучшие условия работы и безопасность, повышение производительности.

Безопасность обеспечивается за счет разделения производственной зоны и системы управления. Один оператор может управлять (из безопасного места, в том числе находясь на поверхности) работой многих автоматизированных машин. Производственный цикл погрузки полуавтоматический. Откатка и разгрузка производятся под управлением навигационной системы, а наполнение ковша управляется дистанционно. Машины оборудованы бортовой видеосистемой,

мобильным терминалом для беспроводной связи и навигационной системой. Процесс включает в себя мониторинг производства и состояния парка в реальном режиме времени, а также контроль движения машин.

Данная технология позволит повысить производительность работ, сократить простои и пересменки оборудования, снизить удельные потребления электроэнергии и ресурсов.

#### 7.1.8. Высокопроизводительная проходка горных выработок

Перспективная технология состоит в использовании проходческих комплексов для быстрой, безопасной и экономически эффективной проходки выработок различных профилей (в том числе малого сечения) по породе высокой крепости и угольным пластам. Развитие технологии осуществляется в направлении от многооперационных циклических к однооперационным поточным технологиям. Техническое обеспечение при этом совершает переход от комплекта индивидуальных машин и механизмов к комплексным и агрегатным техническим системам.

Под обеспечением поточности процесса проведения выработки следует понимать наиболее полное, из возможных, совмещение во времени проходческого цикла основных операций, соответствующих трем задачам, решаемым в подготовительном забое: "разрушение" – обработка забоя на величину шага установки крепи; "удаление" – перемещение разрушенной горной массы из подготовительного забоя в транспортную сеть шахты; "крепление" – обеспечение устойчивости вмещающих пород. В настоящее время проводятся полевые испытания на угольных месторождениях Австралии, США.

#### 7.1.9. Использование сплавов и износостойких материалов

Применение легких сплавов и специальных износостойких материалов для изготовления подъемных сосудов и их футеровки обеспечивает существенное снижение веса клетей и скипов, увеличение полезной емкости сосудов и веса поднимаемой горной массы без изменения концевой нагрузки, увеличение производительности, позволяет сократить расход электроэнергии и повысить производительность.

7.1.10. Автоматизированный аппаратный контроль состояния ствола, подъемных сосудов, канатов

Система непрерывного аппаратного контроля позволяет в режиме реального времени осуществлять мониторинг состояния канатов, подъемных сосудов и армировки ствола (рисунок 7.10). Использование системы повышает достоверность и оперативность оценки динамических и статических параметров системы "подъемный сосуд – жесткая армировка", канатов шахтных подъемных установок. Контроль осуществляется без нарушения режимов работы ШПУ, существенно уменьшается время проведения визуального контроля, а также исключается влияние человеческого фактора на оценку фактического состояния оборудования, режимов работы и



конструкций. Система автоматизированного мониторинга канатов позволяет повысить эффективность эксплуатации подъемных установок и принимать решения о проведении ремонтных работ по необходимости, позволяет сократить расход электроэнергии и повысить производительность.



Рисунок 7.10. Система автоматизированного мониторинга каната

#### 7.1.11. Интеллектуальный карьер

Под проектом "Интеллектуальный карьер" подразумевается внедрение автоматизированной системы диспетчеризации (АСУ ГТК) "Карьер". Это система управления горнотранспортными комплексами на основе технологий спутниковой навигации и роботизированной системы управления технологическими процессами открытых горных работ. Создание АСУ ГТК "Карьер" на горнодобывающих предприятиях позволяет автоматизировать процессы перевозок, выемки и буровзрывных работ, а в дальнейшем осуществлять горные работы без непосредственного участия человека. Это существенно повышает эффективность открытых горных работ, позволяет осуществлять эффективную и безопасную добычу в труднодоступных и тяжелых по климатическим условиям регионах, повышает производственную безопасность на объектах, устраняет проблему нехватки квалифицированного персонала. Использование АСУ ГТК "Карьер" переводит добычу полезных ископаемых открытым способом на современный уровень автоматизации.

К настоящему времени автоматизированная система управления горно-технологический комплекс (АСУ ГТК) "Карьер", являющаяся основой для построения роботизированного горного производства, внедрена в крупных горнодобывающих предприятиях России и СНГ. Среди них следующие компании: ОАО "СУЭК", ЗАО "ХК "СДС-уголь", ОАО "МечелМайнинг", ОАО "Северсталь-Ресурс", ООО "Холдинг Сибуглемет", ОАО УК "Кузбассразрезуголь", ООО "УК "Колмар", Лучегорский угольный разрез и др. Кроме того, разработан и успешно испытан на полигоне завода БЕЛАЗ дистанционноуправляемый самосвал (2010 г.). Создана секция научного совета РАН по вопросам Интеллектуального Горного

Производства (2011 г.). Бортовое оборудование АСУ ГТК серийно поставляется на заводы БЕЛАЗ, ООО "ИЗ-КАРТЭКС" имени П.Г. Коробкова". Подписаны соглашения с БЕЛАЗ о создании полигона и совместных работах по созданию самосваларобота, об участии в проекте заявили компании ОАО "СУЭК" и ЗАО "ХК "СДС-уголь" (2012 г.). Выпуск автономного самосвала и создание участков роботизированного горного производства (2013 г.). [82]

#### **7.1.12. Цифровизация управления процессами железнодорожной перевозки горной массы**

В настоящее время существует значительный потенциал оптимизации процесса управления железнодорожными перевозками горной массы, связанный с полностью ручной работой диспетчеров, а также большим количеством внеплановых простоев на линии из-за времени подготовки диспетчерами маршрутов. При этом существующее состояние данных зачастую не позволяет автоматизировать движение – основными проблемами являются большая погрешность GPS датчиков на тяговых агрегатах, отсутствие геолокации хозяйственной техники и графа ж/д сети.

Создание динамической модели оптимизации диспетчеризации, подсказывающей диспетчеру оптимальные решения в онлайн-режиме, позволит сократить общее время движения тяговых агрегатов на 2 % за счет снижения времени простоев. Движение поездов в реальном времени будет осуществляться на основе данных о геолокации и текущем состоянии составов.

#### **7.2. Перспективные техники глубокой переработки углей**

Одним из важных и перспективных направлений в угольной промышленности является реализация и внедрение технологий комплексного использования и глубокой переработке угля. Данное направление позволит повысить уровень конкурентоспособности угольной промышленности, и получить различную продукцию из угля (кокс, полукокс, активированный уголь, сорбенты, смолы, углеродные волокна, моторное топливо, горный воск и др.)

В настоящее время в СНГ и за рубежом ведутся научные работы по глубокой переработке угля как с целью производства энергетических продуктов для получения электроэнергии, так и с целью получения ценных химических продуктов. Особенно актуальным в настоящий момент является второе направление использования угля, предполагающее получение синтез-газа, метанола, жидкого топлива и других дефицитных продуктов.

Комплексная переработка угля позволит эффективно использовать его энергетическую ценность, поможет решить главный недостаток угольной промышленности – загрязнение окружающей среды.

Наиболее развивающимися технологиями в глубокой промышленной переработке угля являются: пиролиз, гидрогенизация и газификация. [83]

##### **7.2.1. Пиролиз**

Пиролиз – разложение органического вещества угля путем его нагревания в отсутствие воздуха, которое сопровождается перераспределением водорода между образующимися газообразными и жидкими продуктами и углеродистым твердым остатком. Это наиболее простой способ получения из углей жидких и газообразных продуктов. В зависимости от конечной температуры нагрева угля различают: полукоксование (низкотемпературное) 480 – 600 °С, коксование (среднетемпературное) 600 – 900 °С и пиролиз (высокотемпературное) выше 900 °С. После процесса пиролиза уголь превращается в кокс, полукокс, воду, газы ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$ ), масло и смолу ( фенолы, гетероциклические соединения, нафталин, антрацен). Выход конечных продуктов термического разложения угля зависит от характеристики угля, подготовки сырья, режима пиролиза, поглощенной углем влаги и др.

### 7.2.2. Гидрогенизация

Гидрогенизация – хорошо известная технология, позволяющая производить из угля жидкое топливо и химические продукты. Существует несколько направлений переработки углей с целью производства из продуктов переработки синтетических жидких топлив.

На сегодняшний день наиболее изученные технологии получения СЖТ из угольного сырья основаны на двух процессах:

1) прямое ожижение, или гидрогенизация, – процесс превращения органической массы угля под воздействием давления водорода (до 300 атм) в жидкие и газообразные продукты в присутствии катализатора в среде растворителя при температуре до 500 °С, с последующим гидрооблагораживанием полученных жидких продуктов;

2) косвенное ожижение, состоящее из стадии газификации угля, – для получения синтез-газа с последующим каталитическим синтезом углеводородов.

Наиболее предпочтительным для получения жидких продуктов из угля является метод прямой гидрогенизации. Процесс протекает при воздействии на уголь молекулярного водорода под давлением, при повышенной температуре с использованием жидких продуктов (пастообразователей и катализаторов). При гидрогенизации происходит деструкция угольных веществ и насыщение (гидрирование) их водородом с получением смеси жидких продуктов, фракционный и химический состав которых аналогичен природной нефти, за исключением повышенного содержания ароматических углеводородов и гетероатомных соединений. В результате процесса около 90 % угля превращается в жидкие продукты и газ, причем высококипящие фракции (выше 300 – 350 °С) рециркулируют в процессе, а конечным продуктом является дистиллят с температурой кипения до 300 – 350 °С (т. е. смесь сырого бензина, керосина, дизельного топлива), выход которого составляет 60 – 65 % органической массы угля.



Установлено, что для гидрогенизационной переработки угля в жидкие продукты предпочтительны каменные угли невысоких стадий метаморфизма, а также бурые угли с содержанием 65 – 86 % мас. углерода.

### 7.2.3. Газификация углей

Газификация углей является прогрессивным технологическим достижением, для получения чистого синтетического газа и на его основе составных производств по получению электроэнергии, тепла, технологического пара, водорода, метана и др.

Газификация – процесс переработки твердого ископаемого топлива путем взаимодействия его с кислородом, водяными парами, другими газифицирующими агентами, с целью преобразования угольного топлива в горючий газ (смесь CO, H<sub>2</sub> и др.). Газифицирующими агентами выступают кислород, или обогащенный им воздух, водяной пар, диоксид углерода либо смеси указанных веществ. Основными продуктами газификации являются синтез-газ с последующей его переработкой в ценные химические продукты, включая моторные топлива, горючий газ, генераторный газ используемые в качестве топлива для энергоустановок. Генераторный газ – смесь оксида углерода с каким – либо газообразным реагентом, при условии получения в его составе горючих составляющих. В качестве воздействующих газов используется чистый кислород, кислород воздуха, водяной пар, а также смесь пара и воздуха или пара и кислорода. Для газификации используют угли с достаточно большим содержанием гетероатомов, в частности бурые и низкометаморфизированные марки каменных углей.

Состав, масса и теплотворная способность продуцируемого газа зависит не только от температуры процесса, вида топлива и скорости нагревания частиц, но и от конструкции используемого газогенератора. Например, в зависимости от температуры процесса, при 550 °С в состав летучих веществ входят пары воды, смол и кислот, а также некондиционные газы (CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>n</sub>, H<sub>m</sub>).

Самым простым методом газификации является газификация в присутствии кислорода воздуха. Полученный в процессе пиролиза в газификаторе углистый остаток сжигается с ограниченным доступом воздуха. В процессе газификации образуется воздушный генераторный газ с низкой температурой сгорания, состоящий главным образом из водорода и окиси углерода, разбавленный азотом воздуха и некоторым количеством углекислоты. При кислородной (или параокислородной) газификации (под давлением до 3 МПа) получают синтез-газ со средней теплотой сгорания 10 – 16 МДж/Нм<sup>3</sup>. Его можно использовать как вблизи места получения, так и транспортировать, а также применять в качестве исходного сырья для производства углеводородных соединений.

Газификация паром, в отличие от газификации воздухом, требует внешнего источника тепла, в случае если пар используется в качестве единственного газифицирующего агента.

Получается в этом случае: водород, окись углерода и углекислота, к которой примешивается водяной пар, полученный газ обладает с более высокой теплотой сгорания. Эта смесь может быть использована для синтеза СЖТ, метанола, смесей спиртов, насыщенных и предельных углеводородов и др. При одновременном использовании в качестве газифицирующего агента, пара и воздуха получается – смешанный или паровоздушный газ, смесь воздушного и водяного газов (окись углерода, водород, углекислота, азот и водяной пар).

Подземная газификация углей открывает значительные возможности в обработке угольных пластов со сложными горно-геологическими условиями залегания. Подземная газификация угля (ПГУ) – это термохимический процесс преобразования залегающего в недрах твердого топлива в газообразное состояние. Выведенный на поверхность газ может быть использован в энергетических и химико-технологических целях. В основе процесса ПГУ лежат химические реакции взаимодействия кислорода с углеродом, водородом и метаном:

Процесс подземной газификации состоит из следующих основных стадий:

бурение с поверхности земли на угольный пласт вертикальных, наклонных и наклонно-направленных скважин;

установление гидравлической связи между скважинами по угольному пласту для осуществления процесса газификации;

розжиг угольного пласта и ведение процесса газификации угольного массива.

Подземная газификация угля является экологическим, и имеет достоинства, которые заключаются в том, что при относительно небольшом объеме подземных работ, дополнительной обработки угля, и сохранности плодородного слоя почвы, низкой себестоимости добычи, обеспечивает возможность использования угольных месторождений, путем превращения угля в горючие газы для промышленного использования.

Объемы применения геотехнологических способов добычи полезных ископаемых пока не распространены.

Большим преимуществом по экономическому и экологическому потенциалу среди технологий, рентабельное распространение которых реально в ближайшей перспективе, обладают установки комбинированного парогазового цикла, работающие на газифицируемом в них угле.

Особого внимания заслуживают технологии газификации, по получению синтез-газа, с высокой теплопроводной способностью с использованием технологии кипящего и пылевого слоя, а также их комбинированное применение. Существующие аппараты, осуществляющие различные процессы газификации (слоевая газификация,

газификация в циркулирующем кипящем слое и во взвешенном потоке), каждая из которых (технологий) уникальны по-своему и имеют экономические целесообразности для конкретных мощностей.

Классическим и в то же время одним из современных и технологичных является процесс газификации углей "Lurgi", которой и осуществляется на крупнейшем углеперерабатывающем предприятии "Sasol" в ЮАР. Разработка фирмы Lurgi представляет собой осуществление процесса газификации угля в неподвижном слое с применением паровоздушного или парокислородного дутья. Процесс был разработан Lurgi еще в 1930-х гг. С тех пор техника и технология газификации по способу Lurgi были значительно усовершенствованы и получили ряд модификаций.

Одной из наиболее современных модификаций является проведение процесса в газификаторах "SasolLurgi FBDB" (SL FBDB).

Более 75 % мировых запасов угля перерабатываются по этой технологии. Отличительные особенности технологии SL FBDB следующие: процесс ведется в стационарном слое угля под давлением 30 бар (диапазон 20 – 100 бар), с противоточным вводом потока "пар +O<sub>2</sub>" и удалением сухой золы.

Кроме процесса "Lurgi", промышленно освоенными технологиями газификации на сегодняшний день являются процессы "Winkler" (кипящий слой угольных частиц), где реакция происходит при атмосферном или повышенном давлении (1...3 МПа) и в зависимости от целей, степень газификации углерода достигает 85 – 90 %, "Koppers Totzek" (пылеугольный поток), использующий пылевидное топливо (каменный или бурый уголь) с размером частиц не более 100 мкм (0,1 мм), пылевидное топливо подается встречными потоками вместе с кислородным дутьем, "Техасо" (водноугольная суспензия) как один из известных и исследованных в промышленном масштабе способов, который представляет собой модернизированный способ Koppers Totzek.

Отечественная наука предлагает в качестве НДТ – подземную конверсию высокосолевого угля под воздействием приложенного внешнего высокого напряжения на электроды. Приводящие к триинговому пробую путем пропускания тока через область карбонизации угольного пласта. Расчеты, лабораторные и опытные испытания показали возможность реализации эффективной технологии подземной конверсии углей, основанной на электронагреве. При нагреве угля его органическая масса подвергается пиролитической декомпозиции и вместе с естественной влагой угля образует жидкие и газообразные горючие компоненты. С помощью данной технологии был получен газ с высоким содержанием горючих компонентов (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>) в результате полученный синтетический газ имеет высокую теплотворную способность 12 – 16 Дж/м<sup>3</sup>. Энергия теплотворной способности получаемого газа превышает затрачиваемую на нагрев энергию в десятки раз, полученный газ по предлагаемой инновационной

технологии имеет в 5 раз выше калорийность, что обеспечивает рентабельность производства и относится к экологически чистой технологии.

Реализация подземного нагрева "подземном реакторе", то есть непосредственно на месте залегания пласта, позволит перерабатывать уголь без его извлечения на поверхность, что существенно сократит не только издержки производства, но и самое главное, отсутствуют парниковые выбросы в атмосферу.

Впервые на угольном разрезе ТОО "Богатырь Комир" (Экибастузский бассейн) были проведены полевые испытания по апробации технологии, получены акты испытания опытной установки. Был проведен электронагрев участка угольного пласта (горизонт – 85 м) площадью 20 м<sup>2</sup>, в центре участка угольного пласта были пробурены две скважины. Расположенные на расстоянии 1,0 м друг от друга, были сняты на приборах соответствующие электрофизические показатели, ток, напряжение, импульсы тока и снимки прогрева участка тепловизором. Соответствующая подача тока 3,5А и напряжения 2500В осуществлялась через пульт управления. Был получен горючий газ с составом: Н<sub>2</sub> - 73,2 %, СО - 22,29 %, СН<sub>4</sub> - 5,12 % СО<sub>2</sub> - 4,49 %, N<sub>2</sub> - 10,11 %, а также получены побочные продукты: каменноугольная смола и карбонизованный остаток.

Проведенные исследования в полевых условиях показали возможность электропробоя и последующего нагрева на межэлектродном расстоянии в десятки метров и реализации технологии в опытно-промышленном масштабе. [84]

## **8. Дополнительные комментарии и рекомендации**

Справочник по НДТ подготовлен в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса.

Первым этапом разработки справочника по НДТ было проведение КТА, в процессе которого была дана экспертная оценка текущего состояния предприятий по добыче и обогащению угля, которая позволила определить эффективность управления производством, применяемые средства автоматизации, анализ технологических возможностей, и степень воздействия предприятий на окружающую среду. Также был проведен анализ соответствия технологий, используемых при добыче и обогащении угля, принципам НДТ.

Основной целью экспертной оценки являлось определение технологического состояния угольного производства Республики Казахстан на существующее положение, а также оценка предприятий в соответствии с параметрами НДТ.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии с Директивой 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и/или сбросах (о комплексном предупреждении и контроле загрязнений), а также методологией отнесения к НДТ, отраженной в разделе 2 настоящего справочника по НДТ.

При КТА был проведен анализ и систематизация информации угольного производства, о применяемых технологиях, оборудовании, выбросах и сбросах загрязняющих веществ, образования отходов производства, а также других аспектах воздействия на окружающую среду, энерго- и ресурсопотреблении на основании литературных источников, нормативной документации и экологических отчетов.

Для сбора информации предприятиям были направлены анкетные формы, на основании утвержденных шаблонов. Анализ представленных данных от предприятий позволяет сделать вывод о недостаточности информации по различным аспектам применения технологий, в том числе по технологическим показателям. В данной редакции справочника использовались фактические имеющиеся результаты, предоставленные предприятиями.

Структура справочника по НДТ "Добыча и обогащение угля" разработана согласно действующим НПА Республики Казахстан, а также по результатам проведенного КТА.

К перспективным технологиям отнесены не только отечественные разработки, но также передовые технологии, применяемые на практике, но не внедренные на предприятиях в Республике Казахстан.

По итогам подготовки справочника по НДТ были сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником и внедрения НДТ:

предприятиям рекомендуется осуществлять сбор, систематизацию и хранение сведений об уровнях эмиссий загрязняющих веществ, в особенности маркерных, в окружающую среду, потребления сырья и энергоресурсов, а также о проведении модернизации основного и природоохранного оборудования, экономических аспектах внедрения НДТ;

при проектировании, эксплуатации, реконструкции, модернизации технологических объектов необходимо обратить внимание на мониторинг, контроль и снижение физических факторов воздействия на окружающую среду;

при модернизации технологического и природоохранного оборудования в качестве приоритетных критериев выбора новых технологий, оборудования, материалов следует использовать повышение энергоэффективности, ресурсосбережение, снижение негативного воздействия объектов производства на окружающую среду.

## **Библиография**

Best Available Techniques Reference Document for Iron And Steel Production.

Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries.

Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 № 775 "Об утверждении Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам".

Годовой отчет за 2020 год АО "Шубарколь Премиум" URL: [https://kase.kz/files/emitters/SHUP/shupp\\_2020\\_rus.pdf](https://kase.kz/files/emitters/SHUP/shupp_2020_rus.pdf).

Агентство по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан Бюро национальной статистики URL: <https://stat.gov.kz/ru/>.

Отраслевой отчет комплексного технологического аудита по угледобывающей отрасли (открытая добыча).

"Технологико-экономические основы совершенствования способов разработки тонких пластов и освоения непромышленных угольных месторождений" диссертации и автореферата по ВАК РФ 05.15.02, д.т.н. в форме науч. докл. Перзадаев, М. А.

"Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан на 2022 – 2026 годы", утвержденная постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724.

Глобальная энергия ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук" <http://www.coal.sbras.ru/wp-content/uploads/2022/06/стр%2069-101.pdf>.

Ахматнуров Д. Р. "Исследование методов интенсификации газоотдачи из неразгруженных угольных пластов". Диссертация на соискание ученой степени PhD.

Канатбаева А. Ш. Разработка способа снижения загрязнения окружающей среды при складировании углей на теплоэлектростанциях: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 25:00:36. - Алматы, 2010. – 27 с.

Гюльмалиев А. М. Головин Г. С., Гладун Т. Г. Теоретические основы химии угля. – М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 556 с.; Щадов И. М., Шестакова И. И. Физико-химические свойства бурых углей Восточной Сибири и Забайкальского края // Вестник иркутского государственного технического университета. - 2012. – № 7. – С. 81-85.

Даулетжанов А. Ж. Разработка технологических решений управления качеством угля и продуктов его переработки при добыче и складировании Диссертация.

Smets, T., S. Vanassche and D. Huybrechts (2017), Guideline for determining the Best Available Techniques at installation level, VITO, Mol.

European Commission (2006) European IPPC Bureau, "Economics and Cross-Media Effects").

Постановление Правительства Республики Казахстан № 187 от 1/04/2022 г. "Об утверждении перечня пятидесяти объектов I категории, наиболее крупных по суммарным выбросам загрязняющих веществ в окружающую среду на 1 января 2021 года".

Параграф 4 "Плата за негативное воздействие на окружающую среду" статья 576, Гл. 69, Раздел 18 "Платежи в бюджет" Налогового Кодекса Республики Казахстан.

Статья 328 "Нарушение нормативов допустимого антропогенного воздействия на окружающую среду" Кодекс об административных правонарушениях Республики Казахстан.

Килячков А. П. Технология горного производства: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 400 с.

Егоров, П. В. и др. Основы горного дела. – М.: Изд-во МГГУ, 2006.

Технический регламент "Требования к безопасности углей и производственных процессов их добычи, переработки, хранения и транспортировки". Утвержден Постановлением Правительства Республики Казахстан от 17 июля 2010 года № 731.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям " Добыча и обогащение угля" ИТС 37–2017.

Васючков, Ю. Ф. Горное дело. – М.: Недра, 1990.

Покровский Н. М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. Технология сооружения горизонтальных выработок и тоннелей. Ч. I. – Изд. 6, перераб. и доп. – М.: Недра, 1977. – 400 с.

Турченко В. К., Байдал А. К. Технология и оборудование для обогащения углей. – М.: Недра, 1995. – 360 с.

Клейн, М. С., Вахонина, Т. Е. Технология обогащения углей: учебное пособие. Кемерово: КузГТУ, 2011,– URL: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geoknigakleintehnologiyaobogasheniyauglei.pdf>.

Чуянов, Г. Г. Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Недра, 1987. – 260 с.

ВНТП 3–92 Временные нормы технологического проектирования обогатительных фабрик: утв. Комитетом угольной промышленности М-ва топлива и энергетики Рос. Федерации 08.12.1992.

Брагина, В. И. Технология обогащения и переработки неметаллических полезных ископаемых. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009.

Артюшин С. П. Обогащение углей. – М.: Недра, 384 с.

Парубов, А. Г., Любич, К. А. Процессы и аппараты обогащения и химической технологии. Очистка шахтных и карьерных вод. Методология постановки и решения задачи / А. Г. Парубов, К. А. Любич. – Новосибирск: Гормашэкспорт, 2020. – 36 с.

Патент на изобретение № 2225743, МПК7 В01 D24/20. Лесин Ю. В., Тюленев М. А., Игнатов Е. В., Марков С. О. Способ изготовления фильтра для очистки воды / Оpubл. 20.03.2004. – Бюл. № 8.

Зеньков И. В., Заяц В. В., Нефедов Б. Н. и др. Угольные разрезы из космоса. Горные работы и экология нарушенных земель, СФУ, 2017. 519 с.

Асадулина Н. А. Очистка шахтных и карьерных сточных вод фильтрацией через массив вскрышных пород, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово, 2020.

Алексеев Г. Ф., Бурцев С. В., Тургенева Л. А. Комплексный подход к реконструкции очистных сооружений карьерных вод – приоритетная задача АО ХК " СДС-Уголь" // Уголь. 2018. № 6. С. 72-73.; Мангатаев А. Ц., Бадмаев Н. Б., Гончиков Б.

-М. Н. и др. Влияние окисленных бурых углей и минерализованных карьерных вод на агрофизические свойства каштановых почв Селенгинского среднегорья Забайкалья / Уголь. 2018. № 11. С. 102-108.

Экология и охрана природы при открытых горных работах: учебное пособие / П.И. Томаков, В. С. Коваленко, А. М. Михайлов и др. М.: Изд-во МГГУ, 1994. 418 с.

Тальгамер Б. Л., Рославцева Ю. Г. Водоотведение при разработке угольных месторождений по восстанию с внутренним отвалообразованием / Уголь. 2020. № 12. С. 7-10.

Коликов К. С., Мазина И. Э., Урузбиева А. Г. Закладка выработанного пространства как способ снижения негативного экологического воздействия при подземной угледобыче, 2015 ([https://giab-online.ru/files/Data/2015/05/252\\_259.pdf](https://giab-online.ru/files/Data/2015/05/252_259.pdf)).

Автоматизированные системы управления горнотранспортным оборудованием. Журнал "Горная Промышленность" №6 2007, стр.12. Режим доступа URL: <https://mining-media.ru/ru/article/prombez/865-avtomatizirovannye-sistemy-upravleniya-gorno-transportnym-oborudovaniem>.

Автоматизированная система управления горнотранспортным комплексом. Режим доступа URL: <https://spbec-mining.ru/kompleksnye-resheniya/avtomatizirovannaya-sistema-upravleniya-gorno-transportnym-kompleksom/>.

Журнал "СТА" № 2/2006.

Пылеподавление при взрывных работах. Режим доступа URL: [https://studopedia.su/11\\_17805\\_pilepodavlenie-pri-vzrivnih-rabotah.html](https://studopedia.su/11_17805_pilepodavlenie-pri-vzrivnih-rabotah.html).

Каталитические методы очистки газовых выбросов. Режим доступа URL: [https://studref.com/360755/ekologiya/kataliticheskie\\_metody\\_ochistki\\_gazovyh\\_vybrosov](https://studref.com/360755/ekologiya/kataliticheskie_metody_ochistki_gazovyh_vybrosov).

Деревнин И. А. Повышение энергоэффективности конусной дробилки в технологической линии рудоподготовки обогатительной фабрики в условиях ГОК "Вернинское". – Москва: НИТУ "МИСиС"; 2020, 48 с. Режим доступа URL: <https://nauchkor.ru/pubs/povyshenie-energoeffektivnosti-konusnoy-drobilki-v-tehnologicheskoy-linii-rudopodgotovki-05efc5041cd3d3e00013d64b2>.

Долженков П. А., Долженков А. П. Перспективы применения карьерных самосвалов большой и особо большой грузоподъемности на горнодобывающих предприятиях Республики Казахстан // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 9. – С. 227-228.

<https://ksonline.ru/406455/sibantratsit-rasshiryayet-park-bolshegruznoj-tehniki-pod-programmu-uvelicheniya-dobychi/>.

Сухое обогащение - комплекс пневматической сепарации "СЕПАИР®" // <https://gmexr.ru/equipment/application/enrichment>. 06.08.2021.

Исследование процесса гравитационного обогащения рядового угля АО "Шубарколь Премиум: отчет / АО "Гормашэкспорт". – Астана, 2018. – 9 с.



Козлов В. А., Новак В. И. Осадительно-фильтрующие центрифуги "Декантер" – техническая основа обезвоживания угольного шлама, 2011 Режим доступа URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osaditelno-filtruyuschie-tsentrifugi-dekanter-tehnicheskaya-osnova-obezvozhvaniya-ugolnogo-1>.

Фоменко Т. Г., Благов И. С., Коткин А. М., Бутовецкий В. С. Шламы, их улавливание и обезвоживание. – М.: Недра, 1968. –204 с.

Горная энциклопедия. В 5 т. Т. 3 /гл. ред. Е. А. Козловский. – М.: Сов. энцикл., 1984-1991.

О возможности использования отходов добычи и обогащения углей для получения сиалоновых материалов / Л. А. Кос, Л. Н. Лебедева, Ф. Н. Стрижко, А. Н. Щанников // Химия и природосберегающие технологии использования угля: сб. тр. Междунар. науч. конф., посвященной 275-летию Российской академии наук (Звенигород, 15 – 17 февр. 1999). – С. 188 – 191.

Солодов В. С., Панин А. В. и др. Технологические аспекты брикетирования мелкодисперсных твердых углеродсодержащих материалов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. –№ 3. – С. 110-113.

Новак В. И., Долматов В. И., Козлов В. А. "Селективная флокуляция угольного шлама на ОФ "Распадская", 2010. Режим доступа URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/selektivnaya-flokulyatsiya-ugolnogo-shlama-na-of-raspadskaya>.

Авдохин В. М., Обогащение угля, Москва, 2012.

Л. В. Рыбак, С. В. Бурцев, В. И. Ефимов. Система контроля параметров высокоточного бурения на открытых горных работах. // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2017. – Вып. 2. – С. 119 – 125.

Сетевое издание dprom.online <https://dprom.online/unsolution/avtomatizirovannaya-podgotovka-proizvodstva-na-karerah-programmno-tehnicheskij-kompleks/>.

Артемьев В. Б., Коваленко В. А., Каинов А. И., Опанасенко П. И., Исайченков А. Б. Современные информационные технологии в подготовке и проведении БВР на угольных разрезах СУЭК // Уголь. – 2012. – № 11. – С. 6 – 13.

Г. И. Коршунов, С. Б. Романченко. Разработка инновационных технологий обеспыливания в очистных и проходческих забоях угольных шахт // Записки Горного института. Т.218 – 2016. – С.339-344.

Мякушко Н. В., Баев М. А. Обзор способов обеспыливания на угольных и сланцевых шахтах // XIV Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых "РОССИЯ МОЛОДАЯ" 19 – 22 апреля 2022.

Взрывоопасность угольных шахт / А. Т. Айруни, Ф. С. Клебанов, О. В. Смирнов (Серия "Библиотека горного инженера". Т. 9 "Рудничная аэрология". Кн. 2). – М.: Издательство "Горное дело" ООО "Киммерийский центр", 2011. – 264 с.

Дрижд Н. А., Шмидт-Федотова И. М., Замалиев Н. М., Ахматнуров Д. Р., Мусин Р. А. Оценка методов метанобезопасности на шахтах Карагандинского бассейна. Монография – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2016, 103.

Официальный портал ООО УК "МЕТАЛЛОИНВЕСТ" [https://www.metalloinvest.com/media/press-releases/492606/?utm\\_source=google.com&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=google.com&utm\\_referrer=google.com](https://www.metalloinvest.com/media/press-releases/492606/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com).

Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 349 "Об утверждении Правил обеспечения промышленной безопасности для хвостовых и шламовых хозяйств опасных производственных объектов". Режим доступа URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1400010253>.

Северный ГОК реализует экологические мероприятия по пылеподавлению. Режим доступа URL: <http://krivbass.city/news/view/severnyj-gok-realizuet-e-kologicheskie-meropriyatiya-po-pylepodavleniyu-na-hvostohranilishh>.

Способ образования защитного экрана. Режим доступа URL: <https://www.freepatent.ru/patents/2255178>.

Г. Г. Каркашадзе, А. В. Немировский, Ю. Ю. Шопина. Разработка способа предотвращения пыления наливного хвостохранилища горного предприятия с использованием глинокомпозитных адгезионных хвостов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2014 г. Режим доступа URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sposoba-predotvrascheniya-pyleniya-nalivnogo-hvostohranilischa-gornogo-predpriy>.

В. И. Вигдорович, Н. В. Шель, И. В. Зарапина. Теоретические основы, техника и технология обезвреживания, переработки и утилизации отходов. Учебное пособие для студентов технических и классических университетов. Издательство ТГТУ. Тамбов 2008.

Сборник докладов второй международной конференции "Пылегазоочистка - 2009". ООО "Интехэко" г. Москва, 2009 [http://www.intecheco.ru/doc/sb\\_gas2009.pdf](http://www.intecheco.ru/doc/sb_gas2009.pdf).

Е. П. Большина. Экология металлургического производства: Курс лекций. – Новотроицк: НФ НИТУ "МИСиС", 2012. – 155 с. Режим доступа URL: <https://studfile.net/preview/3581190/page:8/>.

Филягина К. О., Тюленева Т. А. Опыт Индии в использовании шахтных сточных вод // XIII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых "Россия Молодая" 20 – 23 апреля 2021.

<https://ntc-novotek.ru/projects/sistema-osusheniya/>.

Давыдов Е. И., Лямаев Б. Ф. Исследование и расчет вертикального отстойника со спирально-навитой насадкой.

Шахта "Шерегешская" завершила первый этап строительства очистных сооружений . Издательский дом "Руда и металлы". 02.04.2021 Режим доступа URL: <https://rudmet.com/news/11162/>.

Без человека в кабине "Добывающая промышленность" № 2 (14) – 2019.

Сетевое издание dprom.online <https://dprom.online/chindustry/karernye-bespilotniki/>.

Сетевое издание dprom.online <https://dprom.online/chindustry/v-kuzbasskoj-shahte-testiruyut-kamaz-bespilotnik/>.

Хазин М. Л., Штыков С. О. Карьерный электрифицированный транспорт // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2018. Т.16. № 1. С. 11 – 18. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-1-11-18/>.

Деловой журнал недропользователя "Глобус". <https://www.vnedra.ru/tehnika/sprestekhnika/razrabotka-novyh-tipov-karernoj-tehniki-na-oao-belaz-s-primeneniem-alternativnyh-istochnikov-10684/>

ИТС 25 – 2021 "Добыча и обогащение железных руд".

Научно-производственный комплекс "Интеграл" <https://integral-russia.ru/2018/03/22/razrez-raspadskij-nachal-primeneniye-bpla-dlya-rascheta-markshejderskih-rabot/>.

Л. С. Плакиткина. Систематизация основных направлений инновационных решений в угольной промышленности России. Основные инновационные решения в области добычи угля // Журнал "Горная Промышленность" - № 3 (121) - 2015, стр.16.

С. В. Николаева, Ф. Н. Латыпова, С. Ю. Шавшукова. Современные процессы переработки угля // Башкирский химический журнал. 2009. Том 16. № 3 С.122-132.

Касенова Ж. М. Пиролитическая декомпозиция углей месторождений Казахстана при подземном нагреве // Автореферат диссертации, Томск. 2022.