



## **Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности"**

Постановление Правительства Республики Казахстан от 23 января 2024 года № 24.

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

Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности".

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

*Премьер-Министр  
Республики Казахстан*

*А. Смаилов*

Утвержден  
постановлением Правительства  
Республики Казахстан  
от 23 января 2024 года № 24

### **Справочник**

**по наилучшим доступным техникам "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности"**

### **Оглавление**

Список схем/рисунков

Список таблиц

Глоссарий

Предисловие

Область применения

Принципы применения

1. Общая информация

1.1. Экономика Республики Казахстан, ключевые отрасли промышленности, их особенности и тенденции

1.1.1. Нефтегазовая отрасль

1.1.2. Горно-металлургический комплекс

1.1.3. Каменный уголь

1.1.4. Тепло- и электроэнергетический комплекс

1.1.5. Химическая промышленность

1.1.6. Промышленность строительных материалов

- 1.2. Энергетический баланс и структура потребления энергоресурсов в Республике Казахстан
- 1.3. Политика энергосбережения в Республике Казахстан
- 1.4. Стратегия низкоуглеродного развития Республики Казахстан
- 1.5. Экологический вектор движения экономики Республики Казахстан и НДТ
2. Методология определения наилучших доступных техник
  - 2.1. Детерминация, принципы подбора
  - 2.2. Критерии отнесения техник к наилучшей доступной технике
  - 2.3. Особенности выбора НДТ по энергоэффективности
3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время
  - 3.1. Энергоаудит
  - 3.2. Нормативы энергопотребления
    - 3.2.1. Черная и цветная металлургия
    - 3.2.2. Нефте- и газодобывающая и перерабатывающая промышленность
    - 3.2.3. Химическая промышленность
    - 3.2.4. Промышленность строительных материалов
    - 3.2.5. Энергетика: расходы электростанций и подстанций на собственные нужды
4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов
  - 4.1. Ключевые резервы энергосбережения и повышения энергетической эффективности установок и систем
  - 4.2. Управленческие решения по повышению энергоэффективности
    - 4.2.1. Эффективный контроль технологических процессов
    - 4.2.2. Мониторинг и измерения
    - 4.2.3. Системы энергоменеджмента
  - 4.3. Технические решения по повышению энергоэффективности
    - 4.3.1. Проектирование технологии и сооружений
    - 4.3.2. Теплотехнологические и энерготехнологические агрегаты
5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник
  - 5.1. Организационные меры
  - 5.2. НДТ (методы) обеспечения энергоэффективности энергосистем, процессов, видов деятельности и оборудования
    - 5.2.1. Сжигание топлива
    - 5.2.2. Паровые системы
    - 5.2.3. Утилизация тепла
    - 5.2.4. Электроэнергия
    - 5.2.5. Разные системы
  - 5.3. Секторные техники

- 5.3.1. НДТ энергоэффективности в металлургии
- 5.3.2. НДТ энергоэффективности в производстве основных неорганических химических веществ
- 5.3.3. НДТ энергоэффективности нефтегазовой отрасли - добыча нефти и попутного газа
- 5.3.4. НДТ энергоэффективности нефтегазовой отрасли – нефтеперерабатывающие заводы
- 5.3.5. НДТ энергоэффективности в производстве электрической и тепловой энергии
- 5.3.6. НДТ энергоэффективности в производстве цемента
- 6. Заключение, содержащие выводы по наилучшим доступным техникам
- 6.2. Общие положения
- 6.3. Системы энергетического менеджмента
- 6.4. НДТ обеспечения энергоэффективности энергосистем, процессов, видов деятельности и оборудования
- 6.5. Описание техник разных систем
  - 6.5.1. Сжигание топлива
  - 6.5.2. Паровые системы
  - 6.5.3. Утилизация тепла
  - 6.5.4. Электроэнергия
  - 6.5.5. Разные системы
- 7. Перспективные техники
  - 7.1. Перспективные направления в секторе генерации энергии
    - 7.1.1. Обогащение угля
    - 7.1.2. Цифровые ТЭС
    - 7.1.3. АЭС
    - 7.1.4. Водородная технология
    - 7.1.5. Топливные элементы
  - 7.2. Перспективные направления в области передачи электроэнергии
    - 7.2.1. Кабели из сверхпроводимых материалов
    - 7.2.2. Smart Grid
    - 7.2.3. Аккумуляция энергии
  - 7.3. Прочие сектора
    - 7.3.1. Перспективные техники производства цемента
- 8. Дополнительные комментарии и рекомендации
- Библиография

## **Список схем/рисунков**

Рисунок 1.1

Факторы износа энергооборудования

Рисунок 1.2

Условный энергетический баланс РК (млн т.н.э.)

Рисунок 1.3	Потоки энергоресурсов в РК
Рисунок 1.4	Установленная мощность крупных электростанций РК на 01.01.2020 г.
Рисунок 1.5	Выработка электроэнергии по энергетическим зонам , млнкВтч
Рисунок 1.6	Мощности и объём по переработке НПЗ Казахстана , млн т.
Рисунок 1.7	Структура потребления энергоресурсов при производстве продуктов химической промышленности в 2019 г.
Рисунок 1.8	Доля потребления электроэнергии и газа крупными предприятиями химической промышленности в 2019 г.
Рисунок 2.1	Этапы оценки экономической эффективности внедрения и эксплуатации техники
Рисунок 3.1	Потребление ТЭР цементной отрасли
Рисунок 3.2	Удельный расход ТЭР по цементной отрасли
Рисунок 4.1	Типы резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности промышленных установок и комплексов
Рисунок 4.2	Сравнительная энергоёмкость отраслей РК
Рисунок 4.3	Резерв энергосбережения при внедрении АСКУЭ
Рисунок 4.4	Резерв энергосбережения при внедрении системы энергоменеджмента
Рисунок 4.5	Оценка резервов энергосбережения для энергетических комплексов
Рисунок 4.6	Распределение асинхронных двигателей в наиболее распространенных механизмах
Рисунок 4.7	Резерв энергосбережения при установке систем управления частотой вращения асинхронных двигателей
Рисунок 4.8	Резерв энергосбережения при установке устройств компенсации реактивной мощности и устройств нормализации показателей качества электрической энергии
Рисунок 4.9	Резерв энергосбережения при модернизации электротермического оборудования
Рисунок 4.10	Резерв энергосбережения при модернизации систем освещения
Рисунок 4.11	Структура резервов энергосбережения
Рисунок 4.12	Структура усовершенствованной системы учета энергии
Рисунок 4.13	Диаграмма Сэнки
Рисунок 4.14	Совокупные потребности процесса в охлаждении и нагреве
Рисунок 4.15	Диапазоны области аудита и степени детальности

Рисунок 4.16	Потенциал энергосбережения и соответствующий объем инвестиций на этапах проектирования и эксплуатации
Рисунок 4.17	Затраты, связанные с энергопотреблением, для типичного промышленного оборудования
Рисунок 5.1	Утилизация аммиака из продувочных и танковых газов
Рисунок 5.2	Гравитационная схема включения ПНД смешивающего типа
Рисунок 5.3	Изменения мощности привода от расхода питательной воды, кВт
Рисунок 5.4	Двухступенчатая последовательная ИУ
Рисунок 5.5	Схема использования пара для группового ПВД
Рисунок 5.6	Схема реконструкции турбины ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ
Рисунок 5.7	Схема реконструкции турбины Т-100-130
Рисунок 5.8	Схема включения ТА "мятого пара"
Рисунок 5.9	Сотовые уплотнения в паровых турбинах
Рисунок 5.10	Гидрофобное покрытие для уменьшения трения внутри корпусов насосов

## Список таблиц

Таблица 1.1	Сводный анализ энергопотребления наиболее энергоемких отраслей промышленности РК
Таблица 1.2	Общее потребление ТЭР в металлургии Казахстана
Таблица 1.3	Динамика потребления ТЭР в подотраслях металлургии
Таблица 1.4	Потребление основных энергетических ресурсов при производстве продукции химической промышленности в 2015–2019 гг.
Таблица 1.5	Энергоемкость производства продуктов химической промышленности в 2015–2019 годах
Таблица 1.6	Динамика расхода энергоносителей и производства цемента за 2015–2019 гг.
Таблица 3.1	Установленные приказом нормативы расхода электроэнергии на единицу продукции и фактические показатели
Таблица 3.2	Динамика изменения фактических удельных расходов ТЭР для основных видов производства в металлургии РК за 2015–2019 гг.
Таблица 3.3	Удельные показатели энергопотребления металлургического производства в сравнении с данными справочников по НДТ и Приказа №394
Таблица 3.4	Нормативы расхода электроэнергии на единицу продукции химической промышленности
	Удельные показатели энергоэффективности при производстве желтого фосфора, термической

Таблица 3.5	фосфорной кислоты, пищевой фосфорной кислоты, триполифосфата натрия
Таблица 3.6	Удельные показатели энергоэффективности при производстве хромовых соединений за 2015–2019 гг
Таблица 3.7	Удельные показатели энергоэффективности производства серной кислоты, аммофоса и трикальцийфосфата за 2015–2019 гг.
Таблица 3.8	Максимальная нагрузка собственных нужд (далее – СН), в % от суммарной нагрузки
Таблица 3.9	Расход электроэнергии на собственные нужды энергоблоков конденсационных тепловых электростанций
Таблица 3.10	Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций
Таблица 4.1	Источники света и их средняя световая отдача
Таблица 4.2	Усредненные значения по снижению потребляемой электрической энергии при замене источников света
Таблица 4.3	Мероприятия по энергосбережению в осветительных сетях
Таблица 4.4	Резервы повышения энергоэффективности сектора производства электроэнергии РК
Таблица 4.5	Технологии реализации резервов повышения энергетической эффективности в отраслях промышленности РК
Таблица 4.6	Основные направления реализации резервов энергосбережения и их результативность РК
Таблица 4.7	Потери давления и энергии при использовании различных измерительных устройств
Таблица 4.8	Этапы энергоэффективного планирования и проектирования
Таблица 5.1	Возможные источники тепловой энергии в металлургической промышленности и их возможное использование
Таблица 5.2	Вид производства, тепловой процесс и тепловые отходы и материалы
Таблица 5.3	Промышленные источники тепловой энергии
Таблица 5.4	Потери тепла нагревательными печами прокатных станов с охлаждающей водой
Таблица 5.5	Потери тепла с охлаждаемой водой
Таблица 5.6	Приход тепла и потери его с охлаждающей водой для газовых мартеновских печей
Таблица 5.7	Энергоэффективные объекты и технологии, качественная характеристика объекта, обуславливающая его энергетическую эффективность

Таблица 5.8	Методы внедрения энергоэффективного оборудования и получаемый эффект
Таблица 5.9	Существующие методы и подходы энергетического анализа, ключевые особенности традиционных методов анализа, недостатки существующих подходов
Таблица 5.10	Тип и природа резервов повышения энергетической эффективности, методы и модели определения
Таблица 5.11	Типы агрегатов, их функции и системы оценок эффективности (энергоёмкости)
Таблица 5.12	Методические подходы к расчету энергоэффективности
Таблица 5.13	Показатели энергетической эффективности и формулы для их определения
Таблица 5.14	Алгоритм построения полных векторов энергоёмкости для выявления ключевых резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности
Таблица 5.15	Блоки (виды деятельности) и комплекс мер при осуществлении энергоменеджмента
Таблица 5.16	Метод перехода на большегрузную технику
Таблица 5.17	Использование современного высокопроизводительного самоходного оборудования
Таблица 5.18	Оборудование для применения ЧРП
Таблица 5.19	Методы обеспечения стабильности производственного процесса обогащения, снижение энергетических и материальных затрат в технологии обогащения
Таблица 5.20	Методы обеспечения стабильности производственного процесса окускования, снижение энергетических и материальных затрат в технологии производства обожженных окатышей
Таблица 5.21	Методы обеспечения стабильности производственного процесса прямого восстановления железа, снижение энергетических и материальных затрат в технологии производства металлизированного сырья
Таблица 5.22	Методы снижения удельных расходов сырья, топлива при производстве агломерата повышенного качества с меньшим расходом твердого топлива
Таблица 5.23	Методы повышения эффективности использования энергии
Таблица 5.24	Методы организации системы насыпной загрузки коксовой печи шихтой, предотвращающей выбросы угольной пыли и газа
Таблица 5.25	Методы обеспечения технологии коксования с минимальными выбросами газов

Таблица 5.26	Методы, увеличивающие срок службы огнеупоров и холодильников шахты доменной печи
Таблица 5.27	Методы снижения потребления электрической энергии, уменьшения угара металла, повышения качества металла
Таблица 5.28	Методы обеспечения улучшения общих показателей и условий работы при производстве электростали, обеспечивающих снижение потерь ресурсов, образование эмиссий и отходов
Таблица 5.29	Методы снижения удельных расходов сырья и энергии при производстве электростали
Таблица 5.30	Методы повышения эффективности использования энергии при производстве стали в электродуговых печах
Таблица 5.31	Методы уменьшения загрязнения атмосферного воздуха
Таблица 5.32	Методы организации ресурсосберегающего и энергосберегающего технологического процесса
Таблица 5.33	Методы внедрения автоматизированных систем управления технологическим процессом
Таблица 5.34	Методы обеспечения стабильности производственного процесса изготовления холоднодеформированных труб
Таблица 5.35	Метод обеспечения стабильности производственного процесса изготовления горячекатанного проката
Таблица 5.36	Методы снижения сбросов в процессах производства изделий дальнейшего передела черных металлов
Таблица 5.37	Методы использования современных систем энергосбережения
Таблица 5.38	Методы повышения эффективности использования энергии
Таблица 5.39	Методы повышения эффективности использования энергии при первичном производстве
Таблица 5.40	Методы повышения эффективности использования энергии при вторичном производстве меди
Таблица 5.41	Методы повышения эффективности использования энергии при электрорафинировании и электролизе
Таблица 5.42	Методы уменьшения количества отходов, направляемых на утилизацию при первичном и вторичном производстве меди
Таблица 5.43	Методы, применяемые при производстве алюминия в электролизерах с предварительно обожженными анодами
Таблица 5.44	Технологические показатели выбросов
Таблица 5.45	Методы при повторном использовании или восстановлении кислоты, полученной от процесса переработки аккумуляторных батарей



Таблица 5.46	Методы сокращения количества отходов производства вторичного свинца и олова, направляемых на захоронение
Таблица 5.47	Метод эффективного использования энергии тепла отходящих газов, образующихся в обжиговой печи
Таблица 5.48	Метод сокращения объемов отходов, образующихся при литье цинковых слитков и направляемых на захоронение
Таблица 5.49	Методы сокращения объемов образования отходов гидрометаллургического производства кадмия, направляемых на захоронение
Таблица 5.50	Методы минимизации потерь полезных ископаемых в недрах
Таблица 5.51	Методы эффективного использования энергии при производстве первичной меди
Таблица 5.52	Методы эффективного использования энергии при производстве вторичной меди
Таблица 5.53	Методы рекуперации тепла из отходящих газов
Таблица 5.54	Методы рекуперации энергии из богатых углекислым газом отходящих газов, образующихся в закрытой печи с погруженной дугой или в пыли закрытой плазмы
Таблица 5.55	Методы рекуперации энергии горячих выхлопных газов, образующихся в полузакрытой дуговой печи под флюсом
Таблица 5.56	Методы эффективного использования энергии отходящих газов
Таблица 5.57	Возможные источники выделения пара и его использования в различных технологиях

## **Глоссарий**

Настоящий глоссарий предназначен для облегчения понимания информации, содержащейся в настоящем справочнике по наилучшим доступным техникам "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности" (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 разделен на следующие разделы:

термины и их определения;

аббревиатуры и их расшифровки.

## **Термины и их определения**

Термин

Определение

объект I категории	-	<p>стационарный технологический объект (предприятие, производство), в пределах которого осуществляются один или несколько видов деятельности, указанных в разделе 1 приложения 2 к Экологическому кодексу, а также технологически прямо связанные с ним любые иные виды деятельности, которые осуществляются в пределах той же промышленной площадки, на которой размещается объект, и могут оказывать существенное влияние на объем, количество и (или) интенсивность эмиссий и иных форм негативного воздействия такого объекта на окружающую среду; также используется и понятие "установка";</p>
действующий объект	-	<p>объект, введенный в эксплуатацию до 1 июля 2021 года, или объект, не введенный в эксплуатацию, в отношении которых до 1 июля 2021 года выданы положительные заключения государственной экологической экспертизы или комплексной вневедомственной экспертизы, которые признавались субъектами специального природопользования в соответствии со статьей 418 (3) Экологического кодекса;</p>
новый объект	-	<p>объект, который не является действующим;</p>
энергетическая эффективность	-	<p>отношение или другая количественная взаимосвязь между результатом работы, услуги, произведенными товарами или энергией и потребленной энергией, поступившей на вход;</p> <p>реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции,</p>

энергосбережение	-	<p>выполненных работ, оказанных услуг) система менеджмента энергоэффективности (далее – СМЭЭ) – совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих элементов, используемая для установления энергетической политики и энергетических целей, формирующая управленческую инфраструктуру на уровне предприятия, которая обеспечивает постоянные улучшения в области энергоэффективности и энергосбережения, создает организационные инструменты для оценки существующего уровня энергетической эффективности, определения потенциала для его повышения, разработки и мониторинга мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергоэффективности;</p>
энергетическая политика	-	<p>официальное заявление высшего руководства организации о еѸ основных намерениях и направлениях деятельности в отношении желаемых результатов в энергетической сфере. Энергетическая политика определяет рамки действий и служит основой для постановки энергетических целей и задач;</p>
энергетическая результативность	-	<p>в отношении организации, энергетической политики, энергетических задач, системы управления – измеримый результат, характеристика достижений в части управления использованием (потреблением) энергии, энергетической эффективности. Может выражаться различными способами, в т.ч. в степени выполнения энергетических задач, величине снижения энергопотребления относительно нормализованной энергетической базовой линии и т.д.</p> <p>определенный результат или достижение, установленное для</p>

энергетическая цель	-	реализации энергетической политики организации в отношении улучшения энергетической результативности.
внутренний аудит	-	инструмент системы энергетического менеджмента; систематический, независимый и документированный процесс самопроверки организации, получения свидетельств и их объективной оценки для определения степени выполнения установленных требований в части энергетической результативности;
использование энергии	-	способ или вид применения энергии (вентиляция, освещение, обогрев, охлаждение, транспортировка, процессы, производственные линии);
энергетический анализ	-	определение энергетических результатов организации, основанное на данных и другой информации, что позволяет идентифицировать возможности для улучшения деятельности;
эксергетический анализ	-	методика, основанная на определении эксергии потоков в исследуемой тепловой системе, а также построении эксергетического баланса объектов, соединяемого этим потоком;
энтальпийный анализ	-	методика, основанная на определении энергии потоков в исследуемой тепловой системе, а также построении энергетического баланса объектов, соединяемого этим потоком;
пинч-анализ	-	методология минимизации энергопотребления процесса посредством расчета термодинамически обоснованных объемов энергопотребления и приближения к ним с помощью оптимизации теплопередачи между процессами, методов энергоснабжения и характеристик технологических процессов;
бенчмаркинг	-	отраслевой сравнительный анализ.

## Аббревиатуры и их расшифровки

ВВП	валовый внутренний продукт
НПЗ	нефтеперерабатывающий завод
ГМК	горно-металлургический комплекс
ЕС	Европейский союз
США	Соединенные Штаты Америки
ИФО	индекс физического объема
ВИЭ	возобновляемые источники энергии
НДТ	наилучшие доступные техники
МЦЗТИП	Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов
ЭСО	энергоснабжающие организации
ГТЭС	газотурбинные электростанции
КЭС	конденсационные электростанции
ТЭР	топливно-энергетический ресурс
ЭК	Экологический кодекс
НВИЭ	нетрадиционные возобновляемые источники энергии
АСКУЭ	автоматическая система контроля и учета энергии
СЭнМ	система энергетического менеджмента
ВЭР	вторичные энергоресурсы
УКРМ	установка компенсации реактивной мощности
ЭПС	электрические печи сопротивления
ИС	источники света
ЛН	лампа накаливания
СМЭЭ	системы менеджмента энергоэффективности
СЭМ	системы экологического менеджмента
ТЭ	топливные элементы
СНДТ	справочник по наилучшим доступным техникам
ТНУ	теплонаносные установки
ПГУ	парогазовые установки
ГТУ	газотурбинной установки
АБТН	абсорбционный бромистолитиевый насос
АБХМ	абсорбционная холодильная машина
ЗНДТ	заклучения по наилучшим доступным техникам
УПСВ	установки предварительного сброса пластовой воды
ГАЭС	гидроаккумулирующая электростанция
ИТС	информационно-технический справочник

## Предисловие

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

Справочник по наилучшим доступным техникам "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности" (далее – справочник по НДТ) разработан в целях реализации Экологического кодекса Республики Казахстан (далее – Экологический кодекс).

При разработке справочника по НДТ был учтен международный опыт в данной сфере, в том числе использовались аналогичные и сопоставимые справочные документы: Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency (справочный документ по наилучшим доступным техникам обеспечения энергоэффективности) и иные официально применяемые в государствах, являющихся членами Организации экономического сотрудничества и развития, Европейского союза, Российской Федерации, других стран и организаций с учетом специфики сложившейся структуры экономики и необходимости обоснованной адаптации к климатическим, а также экологическим условиям Республики Казахстан, обуславливающим техническую и экономическую доступность наилучших доступных техник в области применения.

### **Информация о сборе данных**

В справочнике по НДТ использованы данные результатов комплексного технического аудита и анкетирования, включающие технико-экономические и энергетические показатели основных энергоемких отраслей промышленности Республики Казахстан. При разработке справочника по НДТ использовались следующие материалы:

- статистические данные Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам РК;

- отчеты по экологическому аудиту крупных предприятий на соответствие наилучшим доступным техникам, проведенному в рамках подготовки к написанию справочников по НДТ;

- отчеты по энергоаудитам отдельных предприятий;

- данные государственного энергорегистра РК;

- данные результатов комплексного технического аудита КТА и анкетирования, проведенного подведомственной организацией уполномоченного органа в области охраны окружающей среды, осуществляющей функции Бюро по наилучшим доступным техникам;

- данные предприятий, принявших участие в разработке данного справочника путем заполнения соответствующих анкет-опросников;

- обобщенные (консолидированные, безадресные) данные, предоставленные Разработчиками вертикальных справочников по НДТ, которые разрабатывались одновременно с данным справочником.

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

Справочник по НДТ разработан во взаимосвязи с национальными отраслевыми ("вертикальными") справочниками по НДТ.

Данный справочник по НДТ входит в серию справочников по наилучшим доступным техникам, разрабатываемых и утверждаемых в Республике Казахстан в соответствии с Экологическим кодексом.

### **Область применения**

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 "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности".

Справочник по НДТ распространяется на процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать влияние на энергопотребление и эффективность.

Рассматриваемые в данном справочнике, не ограничены каким-либо одним из видов деятельности, перечисленных в разделе 1 приложения 2 Экологического кодекса, а также отраслей, перечисленных в приложении 3 Экологического кодекса, и представляют собой "горизонтальную" межотраслевую направленность. Настоящий справочник по НДТ включает в себя описание общих подходов и методов повышения энергетической эффективности производства, которые должны применяться в первую очередь на промышленных предприятиях, отнесенных к объектам I категории. Кроме того, положения настоящего справочника по НДТ применимы к любым системам и производственным единицам, входящим в их состав или технологически с ними связанным.

Настоящий справочник по НДТ содержит приоритетную информацию, специфичную для отдельных отраслей, для которых разработаны отраслевые справочники по НДТ, например, энергоэффективность процессов при переработке нефти и газа рассматривается в соответствующем отраслевом справочнике, а в случае процессов, связанных со сжиганием топлива в целях производства энергии для нефтепереработки – в межотраслевом справочнике "Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии".

#### **Принципы применения**

#### **Статус документа**

Справочник по наилучшим доступным техникам 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 наилучшим доступным техникам с целью стимулирования перехода операторов объекта/объектов на принципы "зеленой" экономики и наилучших доступных техник.

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

Положения, обязательные к применению имеют предписывающий характер при установлении технологических нормативов в рамках процедуры получения операторами объектов комплексных экологических разрешений:

Раздел 6: представлены заключения, содержащие выводы по НДТ, включая технологические показатели, связанные с применением НДТ.

При этом необходимость применения одного из или совокупности нескольких положений раздела 6 настоящего справочника по НДТ определяется операторами объектов самостоятельно исходя из целей управления экологическими аспектами на предприятии и при условии соблюдения технологических показателей, представленных в главе 6. Таким образом, общее количество наилучших доступных техник, приведенных в настоящем справочнике по НДТ, не является обязательным к внедрению.

На основании раздела 6 справочника по НДТ предприятиями разрабатываются программы по повышению экологической эффективности, либо план мероприятий по охране окружающей среды, направленные на достижение уровня эмиссий и значений технологических показателей, утвержденных в Заключениях по НДТ.

НДТ являются инструментом для достижения объектом, оказывающим негативное воздействие на окружающую среду, соответствующего уровня воздействия.

### **Рекомендательные положения**

Рекомендательные положения имеют описательный характер и рекомендованы к анализу процесса установления технологических показателей, связанных с применением НДТ:

Раздел 1: представлена общая информация о энергоэффективности, о структуре отрасли, используемых промышленных процессах и технологиях.

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

Раздел 3: описаны основные этапы производственного процесса, представлены данные и информация об экологических характеристиках установок промышленных предприятий в эксплуатации на момент написания с точки зрения текущих выбросов, потребления и характера сырья, потребления воды, использования энергии и образования отходов.

Раздел 4: описаны методы и техники, 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. Каталог методов и связанный с ними мониторинг, используемый для:

предотвращение выбросов, сбросов в окружающую среду или, если это практически невозможно, сокращение выбросов/сбросов;

предотвращение или сокращение образования отходов.

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

Раздел 6: представлено заключение, содержащее выводы на НДТ.

Раздел 7: представлена информация о новых и перспективных техниках.

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

Библиография.

## **1. Общая информация**

### **Обзорный раздел справочника по энергосбережению и повышению энергетической эффективности**

#### **1.1. Экономика Республики Казахстан, ключевые отрасли промышленности, их особенности и тенденции**

Основной целью проводимой социально-экономической политики Республики Казахстан является осуществление стратегии, ориентированной на устойчивый рост экономики и благосостояние в стране.

Экономика и общество Казахстана претерпели серьезные изменения после того, как страна объявила о независимости в 1991 году. В период с 2000 по 2014 год валовой внутренний продукт (далее – ВВП) увеличился в 2,8 раза, а уровень жизни улучшился для большинства жителей страны, при этом доля населения, живущего с доходами ниже прожиточного минимума, снизилась с 32 % до 2,5 %. Период ускоренного роста с 2000 по 2010 год во многом был связан с эксплуатацией природных богатств Казахстана. Нефтегазовый сектор на пике своего развития составил 26 % от ВВП, по-прежнему доминирует в экспорте и генерирует около трети государственных доходов [1].

Объем ВВП в 2018 году составил 59 614 млрд тенге. Ключевыми секторами экономики Казахстана являются торговля (17,3 %), добыча полезных ископаемых (16,3 %), в том числе добыча нефти и газа (13,3 %), обрабатывающие производства 12,7 %, в том числе нефтепереработка (2 %) и прочие обрабатывающие производства (10,7 %), строительство 5,9 %, сельское хозяйство и рыболовство 4,5 %. Доля участия секторов в ВВП, связанных с нефтегазовой отраслью как напрямую, так и косвенно составила 21 %. Внешние условия и особенно быстрое падение цен на нефть оказали значительное влияние на экономику страны [1].

Зависимость страны от внешнего спроса на нефть, газ и природные ископаемые рассматривается в среднесрочной и долгосрочной перспективе как потенциальное препятствие для развития еҰ научно-технического и инновационного потенциала. Одним из способов достижения экономической диверсификации считается переключение национальной индустрии на производство товаров с высокой прибавочной стоимостью, что позволит увеличить производительность труда и в долгосрочной перспективе продлить период равномерного экономического развития.

Важнейший природно-экологический вызов XXI в. – исчерпаемость природных ресурсов – напрямую относится к ведущим отраслям экономики Казахстана, в частности горно-металлургического комплекса, нефтегазового сектора и энергетики, что обуславливает необходимость повышения энергетической и экологической эффективности деятельности его отраслей.

Сегодня основным источником экономического роста республики пока еще является эксплуатация сырьевого потенциала страны. Если в Северном Казахстане развиты зерновое хозяйство, добыча железной руды и каменного угля, машиностроение, производство нефтепродуктов и ферросплавов, энергетика, в Восточном Казахстане преобладают цветная металлургия, энергетика, машиностроение и лесное хозяйство, то Западный Казахстан – это крупнейший нефтегазодобывающий регион.

### **1.1.1. Нефтегазовая отрасль**

Добыча нефти и газового конденсата увеличилась за 2000–2009 гг. в 1,7 раза, экспорт нефти вырос в 1,8 раза [2]. Доля доходов нефтяной отрасли в бюджете Казахстана по состоянию на начало 2020 года составляет около 44 %. В стране функционируют свыше 250 месторождений нефти и газа, добычу на которых осуществляют 104 предприятия. В 2019 году, несмотря на проведение капитальных ремонтных работ на крупных проектах (Тенгиз, Карачаганак, Кашаган), объем добычи нефти составил 90,5 млн тонн, а в денежном выражении – 12,3 трлн тенге [3]. В отчете компании Standard & Poor's доля нефтяного сектора указывается как 25 % от ВВП страны [4]. По объемам добычи нефти Казахстан входит в число двадцати крупнейших мировых производителей. Добыча углеводородов оказывает влияние на экономику Казахстана по трем направлениям: создание отраслевой добавленной стоимости, воздействие на производство других секторов посредством межотраслевых связей и привлечение финансовых ресурсов. Нефтегазовая отрасль является одновременно потребителем и поставщиком продукции (услуг) других смежных производств, напрямую оказывая влияние на экономику в целом.

В целях повышения эффективности использования нефтегазовых ресурсов необходимо стремиться к максимальному извлечению доходов от их поставок на экспорт без ущерба устойчивому развитию нефтегазовой отрасли. На современном этапе развития Казахстана государственная политика в сфере экономики направлена на

отход республики от экспортно-сырьевой зависимости и увеличение добавочной стоимости производимой продукции. Поэтому одним из путей повышения эффективности использования нефтегазовых ресурсов является выход на мировые рынки нефтепродуктов на основе переработки собственного углеводородного сырья. По данным Отчета о реализации стратегического плана Министерства энергетики Республика Казахстан в 2019 году в стране было переработано 17,126 млн тонн нефти (т.е. 18 % добытого).

Нефтеперерабатывающая отрасль Республики Казахстана состоит из пяти крупных нефтеперерабатывающих заводов (далее – НПЗ), три из которых прошли модернизацию и реконструкцию в рамках Государственной программы индустриально-инновационного развития, а также более 30 мини-НПЗ. Существующие в республике НПЗ должны пройти полное технологическое перевооружение. Реконструкция и модернизация должны осуществляться путем формирования технологических комплексов по углублению переработки нефти и повышению качества продукции для исключения зависимости Республики Казахстан по авиа-керосину, высокооктановому бензину, моторным маслам, дорожному битуму и другим продуктам нефтепереработки. Также нужно осуществлять дальнейший переход на выпуск нефтехимической продукции: полиэтилена, полипропилена, полистирола, этиленгликоля, этилбензола, полиэтилентерефталата, поливинилхлорида и т.д.

Активное освоение нефтегазовых месторождений и резкий рост объемов добычи нефти в последние годы диктуют необходимость утилизации все увеличивающихся объемов добываемого попутного газа. Эффективная утилизация попутного нефтяного газа подразумевает максимальное использование ресурсов газа путем выработки электроэнергии, производства товарного газа и закачки газа в пласт для повышения нефтеотдачи.

Повышение цен на нефть и нефтепродукты на 8 % за 2019 г. в сочетании с развитием предприятий нефтегазовой отрасли позволило повысить долю отрасли в ВВП на 17 % [3]. Это в свою очередь стимулировало рост экономики Республики Казахстан до уровня 4,4 %.

Подробно о структуре нефтегазового сектора Республики Казахстан можно прочитать в отраслевом (вертикальном) справочнике по НДТ "Переработка нефти и газа".

### **1.1.2. Горно-металлургический комплекс**

Горно-металлургический комплекс (далее – ГМК) включает предприятия черной и цветной металлургии, горно-обогатительные комбинаты, в т. ч. предприятия по производству чугуна, стали, проката, сталей специального назначения, труб, метизов, ферросплавов, коксохимической продукции, огнеупоров, твердых сплавов, графитовых изделий, драгоценных металлов, алюминия, заводы по переработке металлов, медно-никелевые, полиметаллические производства.

Многие предприятия ГМК – металлургические и горнодобывающие – связаны в технологической цепочке (например, добываемая и обрабатываемая руда является сырьем для металлопрокатного производства, металлопрокат – сырье для трубных предприятий).

ГМК является одним из секторов специализации Республики Казахстан в современном международном разделении труда и обладает рядом благоприятных условий для успешного его развития в долгосрочной перспективе, среди которых можно выделить следующие:

- транспортно-географическое положение предприятий и доступ к мировым рынкам (близость республики к Юго-Восточной Азии и России, крупные предприятия-экспортеры также имеют разветвленный доступ к рынкам ЕС и США);

- наличие мощной производственной базы и развитой инфраструктуры предприятий;

- наличие энергоресурсов и собственной сырьевой базы, представленной рудами черных и цветных металлов, коксующимися углями, редкими, редкоземельными, радиоактивными и благородными металлами;

- наличие отечественных научно-технических разработок для организации производств по глубокой и комплексной переработке сырья;

- тенденция развития смежных отраслей, потребляющих металлы в Казахстане (машиностроение, строительство, железнодорожный транспорт и пр.);

- присутствие в Республике Казахстан ведущих компаний по добыче и производству базовых металлов, востребованных на мировом рынке;

- готовность к внедрению современных высокотехнологичных схем переработки и получения качественных металлов, позволяющих развивать новые отрасли;

- имеются потенциальные возможности по созданию новых производств с высокой добавленной стоимостью на основе производимых базовых и редких металлов;

- наличие потенциальных к освоению месторождений [5].

Развитие ГМК направлено на переработку сырья внутри страны и производство продукции высоких переделов, обеспечивающих развитие смежных отраслей промышленности, как машиностроение, стройиндустрия и химическая промышленность в рамках Дорожной карты по развитию горно-металлургической промышленности до 2025 года. Развитие горно-металлургической отрасли будет обеспечено путем создания конкурентоспособных производств, расширения номенклатуры и увеличения доли продукции глубокой переработки с высокой добавленной стоимостью с привлечением малого и среднего бизнеса (далее – МСБ). Будут модернизированы действующие предприятия со снижением ресурсо- и энергоемкости, повышена производительность труда, продолжится работа по развитию инноваций по технологиям извлечения и комплексной переработки сырья, а также расширению и воспроизводству минерально-сырьевой базы. Основные ориентиры развития горно-металлургической отрасли – это повышение операционной

эффективности, максимальное углубление переработки, включение в глобальные цепочки поставок. [6]

По состоянию на 1 марта 2021 года в Казахстане органами статистики зарегистрировано 1 448 предприятий металлургии Казахстана [7], из них по видам деятельности: "добыча металлических руд" (68,51 %), "производство основных благородных и цветных металлов" (12,64 %), "производство чугуна, стали и ферросплавов" (5,32 %). Из них по состоянию на 1 апреля 2021 года в Казахстане действует 391 металлургическое предприятие, из них 29 крупных, 29 средних и 333 малых. В том числе 21 предприятие, потребляющее ТЭР свыше 50 тыс. тунт. Из них предприятий черной металлургии – 6, цветной металлургии – 15.

Специализированные производственные мощности предприятий по виду деятельности "добыча металлических руд" составили в 2019 году 185 608 тыс. тонн, при этом выпуск продукции или количество переработанного сырья составило 131 536 тыс. тонн. Специализированные производственные мощности предприятий металлургической промышленности составили в 2019 году 22 800 тыс. тонн, при этом выпуск продукции или количество переработанного сырья составило 17 108 тыс. тонн. На неспециализированных мощностях выпуск продукции по виду деятельности "добыча металлических руд" составил 43 151 тыс. тонн, по виду деятельности "металлургическая промышленность" – 57 тыс. тонн.

В настоящем справочнике по НДТ не рассматриваются предприятия, добывающие и перерабатывающие уран, золото и серебро.

Общий объем производства в ГКМ Республики Казахстан за январь 2021 год составил 746,4 млрд тенге, что в номинальном выражении на 38,4 % выше аналогичного периода 2020 года [8]. При этом на добычу металлических руд приходилось только 29,1 %, а на металлургическую промышленность – 70,9 % от всего объема производства ГКМ.

В свою очередь основная доля производства в металлургии приходится на цветную – 386,5 млрд тенге, далее следует производство черной металлургии – 151,4 млрд тенге и литье металлов – 1,2 млрд тенге, тогда как в добыче металлов ГКМ на первом месте стоит добыча цветных руд – 148,1 млрд тенге, за ней добыча железных руд – 69,3 млрд тенге. Индекс физического объема (далее – ИФО) "добычи металлических руд" в январе 2021 года составил 93 % [8].

В структуре добычи металлических руд ИФО "добычи железных руд" составил 100,8 %. Рост обусловлен увеличением ИФО "руды железные" на 137,8 %. ИФО "добычи руд, кроме железных" уменьшился до 91,4 %. Снижение ИФО в этом секторе наблюдается в добыче "руд медных" – 93,3 %, "руд медно-цинкованных" – 84,9 %, "руд алюминиевых" – 99,9 %, "руд золотосодержащих" – 95,8 % [8].

Особенностью отрасли является относительно жесткая привязка предприятий с полным металлургическим циклом к источникам сырьевых ресурсов. Предприятия

отрасли преимущественно размещены в северо-западной, центральной и северо-восточной частях страны. Отрасль по объему производства промышленной продукции "добыча металлических руд" сосредоточена в Костанайской области (23,7 %), Восточно-Казахстанской (21,5 %), Актюбинской (16,0 %) и в Павлодарской (14,5 %); по объему продукции "металлургическая промышленность" в Карагандинской области (29,21 %), Восточно-Казахстанской (20,97 %), Павлодарской (17,35 %).

Самыми крупными предприятиями цветной металлургии являются следующие: ТОО "Корпорация "Казахмыс", ТОО "Казцинк", АО "Алюминий Казахстана", АО "Казахстанский электролизный завод", АО "Усть-Каменогорский титаномагниевого комбинат", АО "ГМК Казахалтын", АО "Варваринское" (ОАО "Полиметалл"), АО "АК "Алтыналмаз". В черной металлургии – АО "АрселорМиттал Темиртау", ТОО "Кастинг", ТОО "KSP Steel".

### 1.1.3. Каменный уголь

По состоянию на 2016 год Казахстан занял восьмое место в мире по объему доказанных запасов угля (25,6 млрд тонн, или 2,2 % мировых запасов) и десятое место в мире по объему производства (102,4 млн тонн, или 1,4 % мирового производства). В 1991 году общая добыча угля составила 130,4 млн тонн [9].

Угольная промышленность является одной из крупных отраслей экономики страны и обеспечивает производство 74 % электроэнергии, полную загрузку коксохимического производства, целиком удовлетворяет потребности в топливе коммунально-бытового сектора и населения. Уголь находит также широкое применение в тяжелой и горнодобывающей промышленности, в других отраслях, связанных с добычей полезных ископаемых. Доли металлургии и других отраслей промышленности в общей структуре потребления угля сопоставимы с показателем, характерным для коммунально-бытового сектора (примерно по 20 % от общего объема потребления). Угольная промышленность Казахстана является нетто-экспортером угля. Доля экспортируемого угля к производству составляет 25,3 % в 2016 году [9].

Потребление каменного угля в 2019 году на внутреннем рынке Казахстана составило порядка 73 %, внутреннее потребление железных руд приблизилось к 71 %, экспорт медных концентратов составил 98,8 %, потребление свинцовых концентратов – 100 % [10]. Большая часть добываемого каменного угля поставляется на тепловые электростанции страны и зарубежья. Именно энергетический уголь испытывает давление мирового тренда перехода к зеленой экономике. Коксующийся уголь под такой прессинг не попадает, поскольку востребован в металлургии. А ГМК, как показывает статистика, даже на фоне пандемии работает стабильно. В перспективе до 2030 года основным источником спроса на казахстанский энергетический уголь

останется внутренняя угольная генерация. Сейчас в стране около 70 % электроэнергии и тепла генерируется именно сжиганием угля. Кроме того, эта отрасль промышленности обеспечивает 100 %-ную загрузку коксохимического производства.

В Концепции развития топливно-энергетического комплекса Казахстана говорится, что в перспективе до 2030 года основным источником спроса на уголь останется внутренняя энергетика. Но эта же концепция прогнозирует отрицательную динамику добычи каменного угля: она снизится до 98 млн тонн к 2025 году и до 95 млн – к 2030-му.

В концепции отмечается, что даже с учетом курса на переход к зеленой экономике за углем сохранится лидерство в энергетике, но его доля не будет расти. По планам правительства будут наращиваться мощности альтернативных источников энергии (пока они составляют всего 3 % от общей генерации в стране). Другими словами, угольная промышленность продолжит работать на энергетику страны, в то время как экспорт будет снижаться.

Дальнейшее развитие отрасли будет направлено на сохранение объемов добычи угля за счет расширения программ комплексной глубокой переработки угля, а также производства дизельного топлива и других жидких синтетических продуктов из угля.

#### **1.1.4. Тепло- и электроэнергетический комплекс**

Успешное развитие Казахстана надежно обеспечивается развитым тепло- и электроэнергетическим комплексом. Производство электрической энергии в Казахстане осуществляют 179 электрических станций различной формы собственности. По состоянию на 01.01.2021 г. общая установленная мощность электростанций Казахстана составляет 23 621,6 МВт, располагаемая мощность – 20 078,6 МВт. За истекшие 20 лет производство и потребление электроэнергии в Республики Казахстан выросло практически в два раза [11].

Электрические станции разделяются на электростанции национального значения, промышленного и регионального назначения. К электростанциям промышленного значения относятся ТЭЦ с комбинированным производством электрической и тепловой энергии, которые служат для электро- и теплоснабжения крупных промышленных предприятий и близлежащих населенных пунктов. Электростанции регионального значения – это ТЭЦ, интегрированные с территориями, которые осуществляют реализацию электрической энергии через сети региональных электросетевых компаний и энергопередающих организаций, а также теплоснабжение близлежащих городов.

Сектор электроснабжения рынка электрической энергии Республики Казахстан состоит из энергоснабжающих организаций (далее – ЭСО), которые осуществляют покупку электрической энергии у энергопроизводящих организаций или на централизованных торгах и последующую еЎ продажу конечным розничным потребителям.

Основу сектора генерации по-прежнему составляет оборудование, введенное в эксплуатацию в 60–80-е годы прошлого века. По данным Системного оператора на 1 января 2020 года общая установленная мощность тепловых электростанций Казахстана составляла 19 389 МВт, из них 10 741,5 МВт или 55,4 % имели возраст более 30 лет, установленная мощность гидроэлектростанций – 2 666,6 МВт, из них 1 840 МВт или около 69 % имели возраст более 30 лет.

Кроме того, исчерпали парковый ресурс уже 38 из 145 турбоагрегатов суммарной мощностью 5 041 МВт, то есть порядка 26 % от общего количества установленных единиц оборудования. Дополнительно к этому в течение следующих 5 лет 35 турбоагрегатов общей мощностью 4 280 МВт или порядка 24 % от общего количества установленных единиц оборудования исчерпают свой парковый ресурс (см. рисунок 1.1). Существующий износ электрооборудования и устойчивый рост электропотребления приведут к необходимости значительных инвестиций в развитие генерирующих мощностей [11].



Рисунок 1.1. Факторы износа энергооборудования

Для инвестиционной привлекательности электроэнергетической отрасли наряду с рынком электрической энергии начал функционировать рынок электрической мощности. Его основной задачей является обеспечение окупаемости инвестиционных



затрат энергопроизводящих организаций, и создание благоприятных условий для привлечения инвестиций в электроэнергетику. Рынок мощности направлен на привлечение инвестиций в сектор генерации электрической энергии, на строительство новых электростанций и поддержание существующих мощностей, а также развитие конкуренции среди существующих электростанций.

#### **1.1.5. Химическая промышленность**

Химическая промышленность входит в число приоритетных отраслей промышленности и является одним из крупнейших поставщиков сырья, полупродуктов, материалов для других отраслей реального сектора экономики. В структуре производства продуктов химической промышленности Казахстана порядка 64 % занимает базовая химия, в которую входит производство неорганических кислот, щелочей и их солей; агрохимия (минеральные удобрения и пестициды) занимает около 21 %; газохимия – 10 %, потребительская химия, представленная предприятиями по производству моющих и чистящих средств, составляет порядка 5 % [12].

Производство продуктов химической промышленности относится к обрабатывающей промышленности, объем производства в 2019 году достиг 475 139 млн тенге, доля производства химической продукции в структуре обрабатывающей промышленности находится на уровне 3,5–4 %.

Стратегическое расположение главных предприятий химической промышленности основано на доступности необходимых ресурсов. Так, размещение предприятий начальной обработки связано с источниками сырья (Жамбылская, Актюбинская, Атырауская и Туркестанская области – азот, фосфориты, поташ, сложные минеральные удобрения), тогда как предприятия комплексной переработки расположены вблизи источников производственных мощностей, квалифицированной рабочей силы, научно-технической базы, потребительского спроса (специализированная химия – Павлодарская, Карагандинская, Восточно-Казахстанская области; каустическая сода – Павлодарская область; серная кислота – Акмолинская, Кызылординская и Жамбылская области).

Химическая индустрия использует около 25 % собственной продукции. К числу основных потребителей химикатов относятся следующие отрасли: металлургия, машиностроительное производство, текстильная отрасль и многие другие. ИФО в химической отрасли в 2021 году ожидается на уровне 102 % за счет увеличения объема производства крупных предприятий отрасли, доля которых составляет 57 %. В 2021 году будут запущены три новых проекта, которые увеличат объемы производства отрасли – производство нефтехимических реагентов (Актюбинская область), промышленные реагенты (Карагандинская область,) и производство взрывчатых веществ (Жамбылская область) [13].

В химической промышленности будет продолжено развитие агрохимии, основной упор на производство импортозамещающей продукции, а также на экспорт.

Производство химикатов для промышленности сохранится как базовое и ориентированное на внутренний рынок. В целях перспективного развития агрохимического сектора планируется производить минеральные и сложные (NPK) удобрения и средства защиты растений.

Общее количество зарегистрированных предприятий, у которых основным видом деятельности является производство продуктов химической промышленности или дополнительные виды деятельности связанные с химической промышленностью, на начало 2021 года составило более 750 компаний с общей численностью работников 14,5 тысяч человек. Большая часть компаний – это небольшие предприятия, производящие мыло, моющие, чистящие, полирующие, парфюмерные и косметические средства, а также краски, лаки и аналогичные покрытия.

В данном справочнике рассматривается только промышленность неорганической химии с использованием данных следующих предприятий этого подсектора: ТОО "КазАзот" (производство аммиака, азотной кислоты и аммиачной селитры), АО "Актюбинский завод хромовых соединений" и Жамбылский филиал "Новоджамбулский фосфорный завод" ТОО "Казфосфат" (производство желтого фосфора и фосфорных соединений), Таразский филиал "Минеральные удобрения" ТОО "Казфосфат", АО "Каустик" (производство хлора, соляной кислоты и каустической соды) и АО "Ульбинский металлургический завод" (производят фторсодержащие соединения и плавиковую кислоту), которые предоставили материалы, необходимые для оценки энергоэффективности производства.

#### **1.1.6. Промышленность строительных материалов**

Промышленность строительных материалов является крупной составляющей экономики страны и оказывает существенное влияние на темпы роста в других отраслях экономики. Строительная отрасль в Казахстане демонстрирует в последние годы интенсивный рост – более 7-8 % в год (2017–2020 годы).

Производством строительных материалов в Казахстане занимается 2 881 организации, из них:

производство абразивных изделий и прочей неметаллической минеральной продукции (135 организации);

производство изделий из бетона, цемента и гипса для строительных целей (1711);

производство огнеупорных изделий (50);

производство прочих фарфоровых и керамических изделий (26);

производство стекла и изделий из стекла (139);

производство строительных материалов из глины (522);

производство цемента, извести и штукатурки (123);

резка, обработка и отделка камня (175) [14].

В данном справочнике по НДТ рассматривается только производство цемента.

Цемент является основным материалом, используемым для строительства зданий и возведения технических сооружений. Потребление цемента в стране с 2010 года стабильно растет, что обусловлено в основном оживлением строительной активности и реализацией государственных программ. К 2019 г. объемы потребления цемента увеличились по сравнению с 2011 г. почти в два раза, составив более 11,5 млн тонн [15]. Объем производства цемента в Казахстане в следующем, 2020 г. вырос на 5,3 % и составил 10,8 млн тонн. Внутри Республики Казахстан потребление цемента составляет 9,1 млн тонн.

Цементная промышленность республики представлена 17 предприятиями полного цикла и мощностью от 350 000 до 2 200 000 тонн цемента в год. Суммарная мощность цементных заводов страны составляет свыше 16,5 млн тонн цемента в год, а их средняя загрузка в 2020 году – 65,5 % (в 2020 году было произведено всего 10,4 млн тонн цемента). 4 предприятия используют так называемый мокрый способ производства, на остальных применяется сухой [15].

В 2020 году 86 % продукции цемента приходится на следующие заводы:

мангистауский "КаспийЦемент";

шымкентские заводы "Стандарт Цемент" и "Шымкентцемент";

карагандинский Central Asia Cement/"Карцемент";

жамбылские заводы "Жамбылская цементная производственная компания" и "Жамбыл Недр";

"Бухтарминская цементная компания";

ПК "Цементный завод Семей" из ВКО [16].

Подробно о структуре производства цемента Республики Казахстан можно прочитать в отраслевом справочнике по НДТ "Производства цемента и извести".

## **1.2. Энергетический баланс и структура потребления энергоресурсов в Республике Казахстан**

Казахстан – одна из крупнейших стран мира (9-я в мире по площади территории), находящаяся по большей части в резко континентальном климате, что определяет дополнительные тепловые и холодовые нагрузки городов. Энергоемкая промышленность, протяженность страны, низкая плотность населения – все это требует повышенных расходов энергии на функционирование экономики и обеспечение жизнедеятельности населения. Промышленный рост и развитие Республики Казахстан обеспечивается интенсивным потреблением топливно-энергетических ресурсов во всех отраслях промышленности.

Топливо-энергетический комплекс Республики Казахстан является надежной основой развития экономики, совокупная добыча ТЭР в год составляет свыше 260–280 млн т. При этом свыше половины всех энергоресурсов отправляется на экспорт. Этим структура энергобаланса Республики Казахстан схожа с энергобалансом подобных стран – Австралия, Малайзия и др. Суммарно удельное потребление всех

энергоресурсов составляет в Республике Казахстан около 15 тунт/чел в год, внутреннее потребление составляет свыше 7,5 тунт/чел. (для сравнения в РФ – 6,5 тунт/чел.) [17].

Оставшиеся 45 % топливно-энергетических ресурсов потребляются в электроэнергетике, нефтепереработке, черной и цветной металлургии, химической отрасли, производстве стройматериалов, используются для энергоснабжения городов и сельских населенных пунктов. Главные ключевые резервы повышения эффективности топливно-энергетических ресурсов – узлы переработки ТЭР и сырья в продукцию и энергию, а также сокращение потерь при добыче и транспорте ТЭР. Условные схемы топливно-энергетического баланса Республики Казахстан представлены на рисунках 1.2 – 1.7.

В ходе реализации недропользователями программ развития переработки сырого газа, объем сжигаемого попутного газа при добыче нефти за 2018 год снизился на 30 % в сравнении с прошлым 2017 годом (1 043,5 млн м3) и составил 731,5 млн м3, при увеличении добычи нефти с 86,2 млн тонн в 2017 году до 90,36 млн тонн в 2018 году и газа с 52,9 до 55,5 млрд м3 соответственно. При этом объем использованного газа увеличился с 51,9 млрд м3 до 54,7 млрд м3, т.е. на 2,8 млрд м3, что в целом положительно влияет на экологическую ситуацию в регионах страны и способствует рациональному использованию ресурсов газа.

Основные показатели энергоэффективности и ресурсопотребления нефтедобычи Республики Казахстан, которые были получены на основании данных, представленных разработчикам данного справочника отдельными предприятиями отрасли, приведены в таблице 1.1.

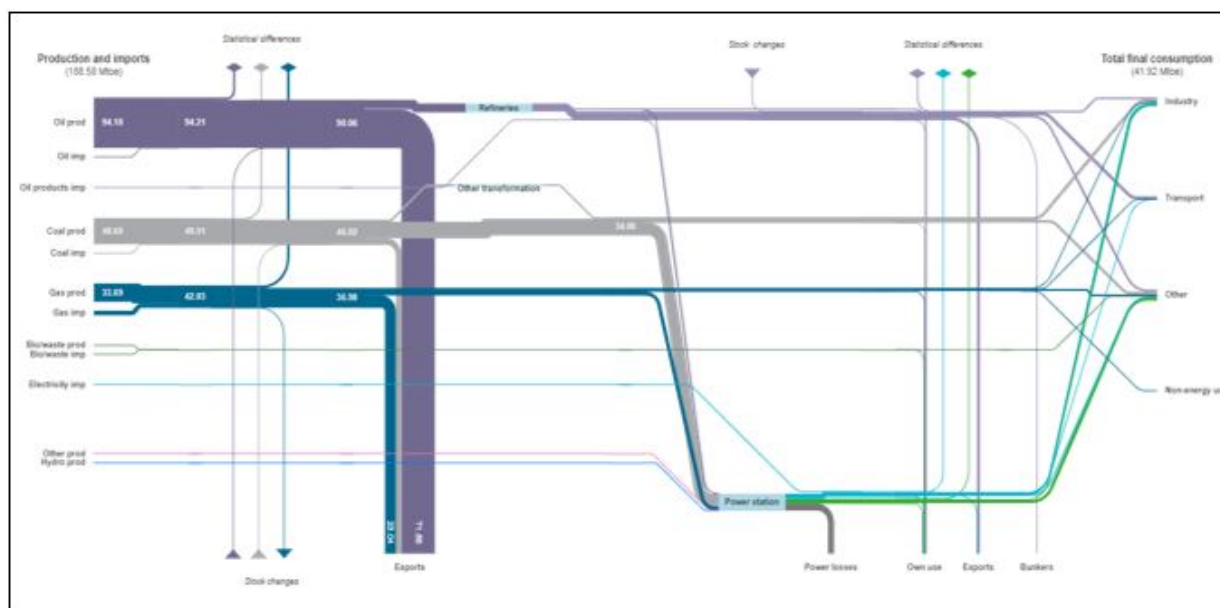


Рисунок 1.2. Условный энергетический баланс Республики Казахстан (млн т.н.э.) [17]

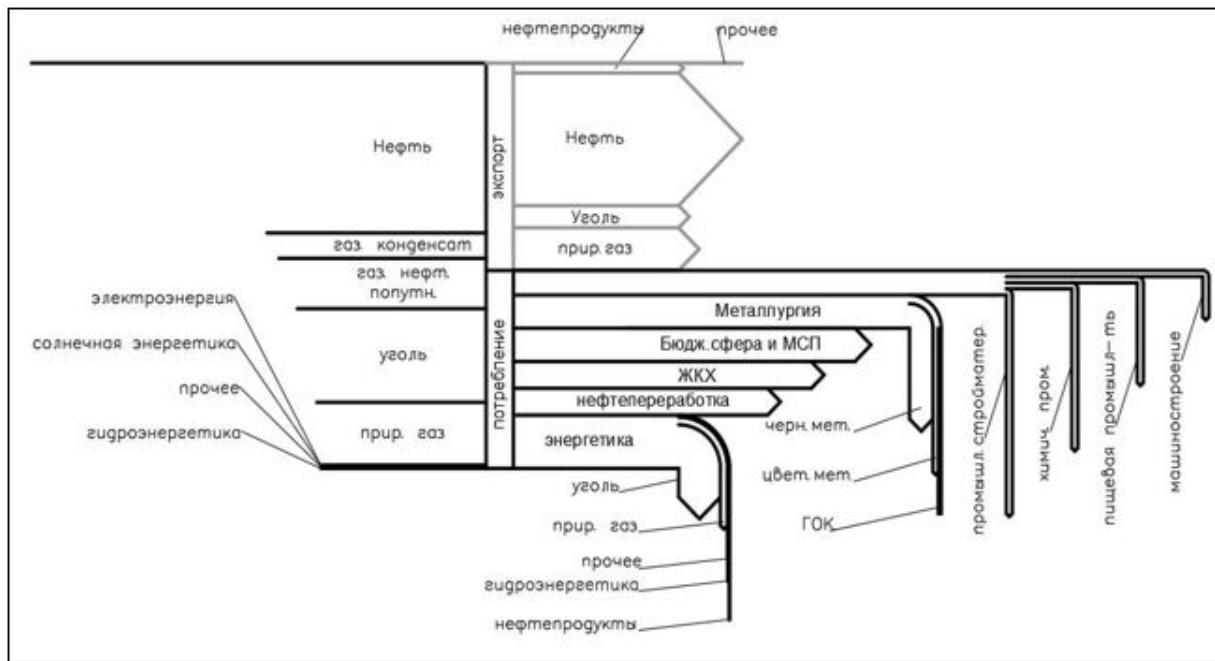


Рисунок 1.3. Поток энергоресурсов в Республике Казахстан

Таблица 1.1. Сводный анализ энергопотребления наиболее энергоемких отраслей промышленности Республики Казахстан

№ п/п	Наименование отрасли	Ключевые особенности отрасли, добыча/потребление ТЭР	Особенности отрасли, энергоиспользующих агрегатов и установок	Оценки эффективности энергоиспользования, ВЭР
1	Тепло- и электроэнергетика	37 ТЭЦ и ГРЭС разной мощности в 3-х энергетических зонах Республики Казахстан потребляют 38,58 млн туг. (84% уголь, 14% газ).	Паровые и водогрейные котлы на угле, мазуте, газовом топливе. Насосы, дымососы, электрофильтры.	Удельные расходы топлива 353–375 г.у.т./кВт*ч (ГРЭС), 260–380 г.у.т./кВт*ч (ТЭЦ).
2	Нефте- и газодобыча	Добыто 5,7 млн т нефти, 101 млн т угля, 55,5 млрд м3 газа (+ свыше 30 млн туг. газового конденсата и попутного газа).	250 месторождений нефти и газа располагаются преимущественно в западной части страны на территории с неблагоприятными природными условиями, что требует повышенных энергозатрат на их добычу, транспортировку потребителям и на переработку. В то же время основные потребители газа находятся на севере, юге и востоке страны.	
		Три основных НПЗ Республики	На переработку ~ 20 млн т нефти	

3	Нефтепереработка	Казахстан – Атырауский, Павлодарский и Шымкентский дают 93,6% всего объема нефтепереработки в стране (остальное – на 34 мини-НПЗ).	затрачено около 2,22 млн туг., 466 8 4 6 м <sup>3</sup> хозяйственно-питьевой воды и 2 310 147 м <sup>3</sup> свежей технической воды в год.	Удельные энергозатраты около 0,09–0,135 туг. на 1 тонну переработанной нефти (~9,5% от переработанной нефти).
4	Черная и цветная металлургия	Наиболее крупные (21 предприятие свыше 50 тыс. т.у.т./год,) потребляет около 13,8 млн туг. Общая структура потребления отрасли: уголь – 54%, кокс – 14%, электроэнергия – 18%, газ – 6,8%, мазут – 4,35%.	Наиболее крупные потребители топлива – доменные и прокатные производства. К электроемким относятся электросталеплавильные производства, кислородные станции, а основные потребители теплоэнергии – коксохимическое производство.	Доля затрат на ТЭР в общих затратах на производство продукции составляет более 30%. Имеются значительные резервы использования ВЭР разного потенциала.
5	Химическая отрасль	Производство фосфора, аммиака, спирта, азотной и серной кислоты, хлора и щелочи, хромовых соединений, азотных и фосфорных удобрений, моющих средств.	Суммарно: 409,3 млн м <sup>3</sup> природного газа, 3,5 млрд кВт*ч электроэнергии, 34,6 тыс. т угля, 331 тыс. т кокса.	Наличие значительных резервов использования ВЭР аммиачного производства.
6	Производства строительных материалов и цемент	30 крупных и 124 средних производства цемента, извести, кирпича, бетона, 2 производства прутков/труб, 3 предприятия производства красок.	Сокращение износа цементных заводов с 38,2% в 2008 году до 20% в 2018 году. Большинство заводов используют "мокрый" способ производства.	Более 20% в структуре затрат отрасли составляют ТЭР, расход сырья составляет 1–2 весовых единицы на единицу продукции.

Основу электроэнергетики Казахстана составляют тепловые электростанции – 19 389 МВт или 84,5 % всей установленной мощности электростанций страны. При этом мощность угольных электростанций составляет 13 382 МВт, что составляет 69 % мощности всех ТЭС или 58,3 % мощности всех электростанций Казахстана. При этом ТЭС, работающие на экибастузском угле, составляют 47,7 % [18].

Электроэнергетика Казахстана преимущественно угольная, около 70 % электроэнергии вырабатывается на угольных электростанциях. При этом доля ТЭЦ в структуре выработки электроэнергии составляет 45 %, а в производстве тепла тепловой энергии Казахстана на долю ТЭЦ приходится более 62 %. Газ в основном используется на газотурбинных электростанциях (далее – ГТЭС) при нефтегазовых месторождениях и на двух конденсационных электростанциях (далее – КЭС) с блоками 200 МВт, а также ТЭЦ в Западной и Южной зоне.

Удельный расход топлива на угольных ТЭЦ на производство электроэнергии может быть выше, чем на КЭС, но на ТЭЦ с большой теплофикационной выработкой удельные расходы топлива могут быть ниже, чем на КЭС. Энергоэффективность КЭС зависит от величины электрической нагрузки и от соблюдения параметров термодинамического цикла, которые во многом определяются техническим состоянием оборудования. Энергоэффективность угольных ТЭЦ в большей степени определяется тепловыми нагрузками и в меньшей – техническим состоянием оборудования. В результате снижения числа крупных потребителей тепла (с 90-х годов) уменьшились тепловые нагрузки, что часто приводит к эксплуатации оборудования ТЭЦ в неэкономичных режимах.

За последние 5 лет существенно снизилась доля оборудования с износом более 75 %. Повышение энергоэффективности ТЭЦ относится не только к вопросам модернизации, но и к планированию развития городской инфраструктуры теплоснабжения, поскольку такой подход позволяет увеличить нагрузки ТЭЦ и оптимизировать работу основного оборудования. В рамках развития газовой генерации планируется перевод угольных Алматинской ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 на природный газ. В 2018 году была завершена разработка предварительного технико-экономического обоснования модернизации Алматинской ТЭЦ-2 с минимизацией воздействия на окружающую среду.

По состоянию на конец 2017 г., на 60 электростанциях, осуществляющих производство электрической энергии (за исключением станций с использованием возобновляемых источников энергии), проведены энергоаудиты. На 52 из них составлены планы мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности.

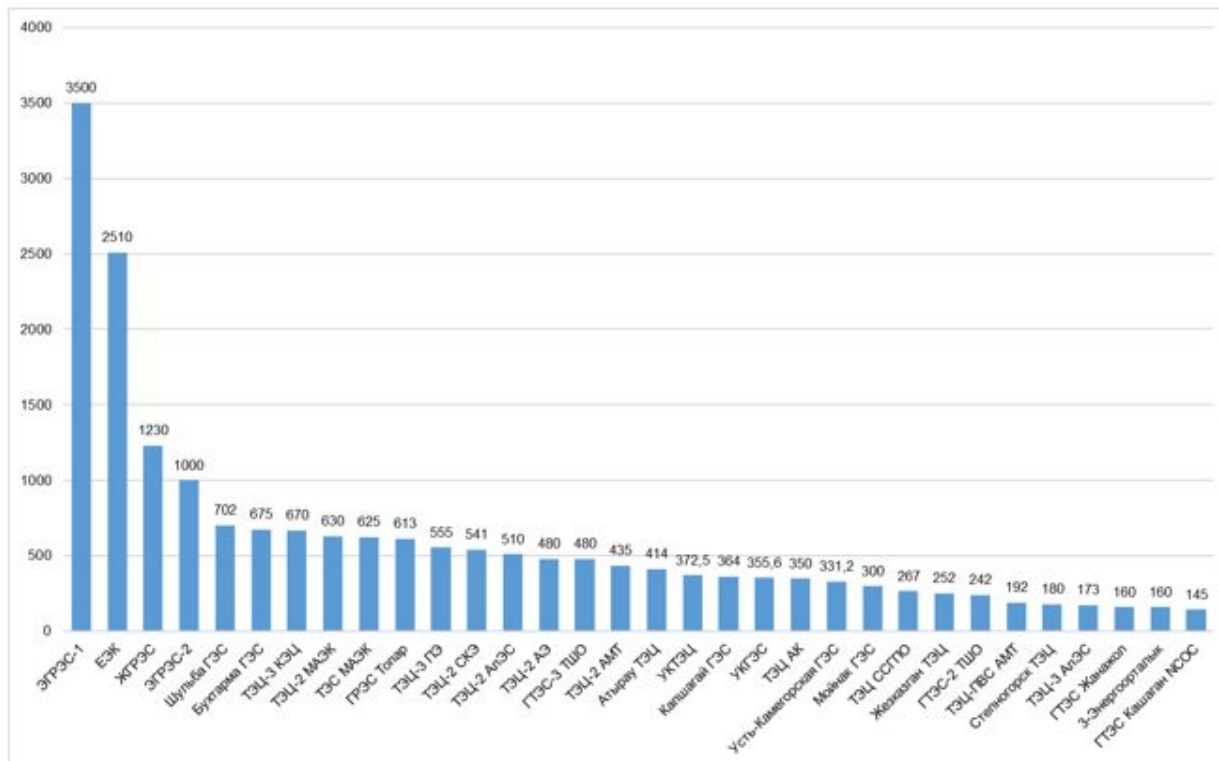


Рисунок 1.4. Установленная мощность крупных электростанций Республики Казахстан на 01.01.2020 г. [18]

В энергетическом отношении территория Казахстана делится на три зоны: Северная, Западная и Южная. Северная зона имеет почти 70 % генерирующих мощностей, соответственно производит 77 % от всего объема производства электроэнергии Республики Казахстан. Южная зона производит 10 %, а Западная – 13 % электроэнергии от общего объема (рисунок 1.5). Крупные потребители электроэнергии также расположены в Северной зоне, доля потребления составляет около 66 %, в Южной зоне доля потребления – 21 %, в западной – 13 %.





Рисунок 1.5. Выработка электроэнергии по энергетическим зонам, млн кВтч

Основные показатели энергоэффективности и ресурсопотребления энергетики Республики Казахстан, которые были получены на основании данных, представленных разработчикам данного справочника отдельными предприятиями отрасли, приведены в таблице 1.1.

Нефтеперерабатывающая промышленность является одной из наиболее энергоемких отраслей народного хозяйства. По данным Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан в 2018 г. в НПЗ переработано количество нефти, эквивалентное 20 млн тонн условного топлива (далее – тут), см. (рисунок 1.6).

В целом по отрасли зафиксирован значительный прогресс по внедрению НДТ в части снижения энергоемкости производственных процессов (табл. 1.1). Действует план мероприятий на 2021–2025 годы, суммарная стоимость которых оценивается в 5,5–6 млрд тг. Ожидается, что снижение энергоемкости от реализации намеченного плана должно, по прогнозам, составить 20–30 % с предполагаемой экономией в денежном выражении порядка 40 млрд тг [19].

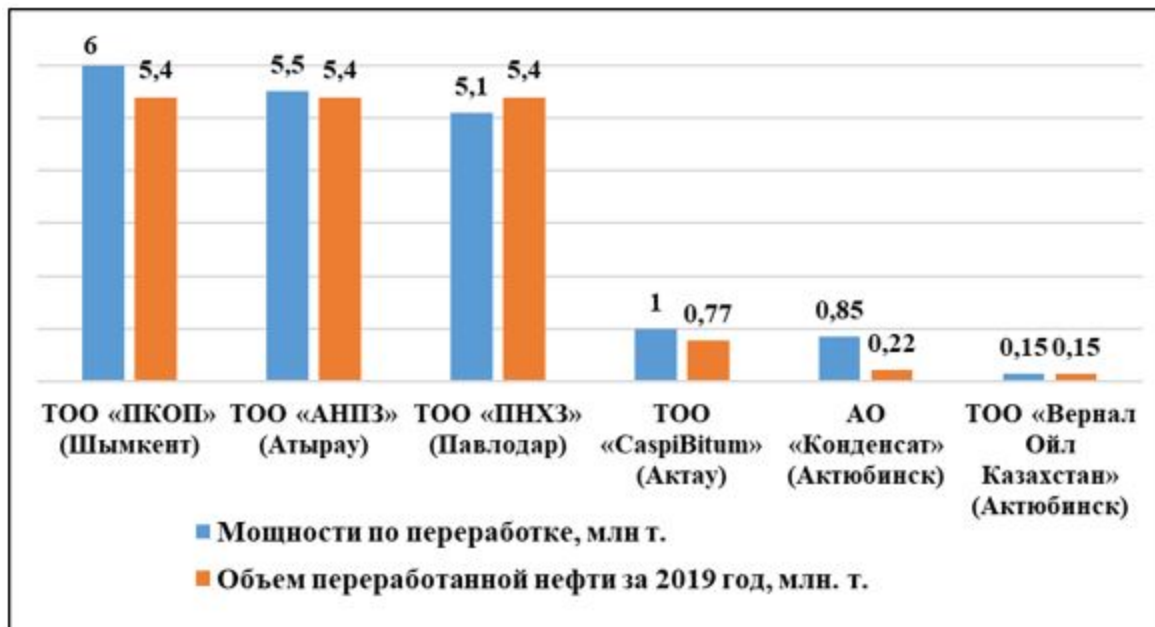


Рисунок 1.6. Мощности и объём по переработке НПЗ Казахстана, млн т.

В структуре потребления топлива лидирующее положение занимает металлургическая промышленность (доля в топливном балансе – 47, %, производство чугуна – 36 %, производство цветных металлов – 11,5 %). В отношении энергопотребления первенство также занимает металлургическая промышленность (45,4 %), производство цветных металлов – 24,4 %, производство чугуна – 20,8 % [20].

Технологические процессы добычи железной руды и ее обогащения характеризуются значительными уровнями потребления энергии топлива и электроэнергии. Среднее удельное энергопотребление в отрасли варьируется от 100 МДж/т в производстве железной руды товарной необогащенной до 1 ГДж/т в производстве окатышей железорудных офлюсованных.

Металлургические технологии сопряжены с высокотемпературными процессами подготовки шихты, выплавки, обработки материалов с получением высоконагретых продуктов, огненно-жидких расплавов металла и шлака, образованием нагретых отходящих газов и неизбежными тепловыми потерями, что обуславливает существенное потребление топлива и электрической энергии. В металлургических переделах потребление тепловой энергии имеет место в процессах отопления коксовых батарей, работе зажигательных горнов агломерационных машин, нагреве дутья для доменных печей, подогреве шихтовых материалов для выплавки стали в электропечах и конвертерным процессом. Наиболее крупными потребителями топлива на производствах являются доменные и прокатные производства. К электроемким производствам относятся электросталеплавильные производства, кислородные станции, а основным потребителем теплоэнергии является коксохимическое производство. Доля затрат на ТЭР в общих заводских затратах на производство продукции составляет более 30 %, в то время как энергетические затраты на аналогичных металлургических

предприятиях Европейского союза – 18÷22 %. Общее потребление топливно-энергетических ресурсов ТЭР в металлургии Казахстана в разбивке по видам топлива приведено в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Общее потребление ТЭР в металлургии Казахстана [20]

№ п/п	Потребление ТЭР в МК, %	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7
1	Газ	8,24	8,74	7,24	8,21	6,83
2	Уголь	60,52	56,84	54,42	52,70	54,55
3	Электроэнергия	12,30	13,77	15,66	18,33	18,36
4	Тепловая энергия	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
5	Кокс	14,22	15,62	14,89	14,99	14,01
6	Газойли (топливо дизельное)	1,39	1,48	1,52	1,82	1,75
7	Мазут топочный	3,21	3,20	3,40	3,78	4,35
8	Прочие виды топлива и энергии	0,12	0,34	2,84	0,15	0,14

Согласно статистическим данным наиболее используемым видом топливно-энергетического ресурса является уголь – его доля в 2019 году составила 54,55 %, за ним следует электроэнергия (18,36 %). Потребление угля имеет незначительную тенденцию к его уменьшению (от 60,52 % в 2015 году к 54,55 % в 2019 году). При этом потребление электроэнергии возрастает (от 12,30 % в 2015 году к 18,36 % в 2019 году). Разделение данных по потреблению ТЭР в МК по черной и цветной металлургии не предусмотрено данными статистики. Динамика потребления ТЭР в подотраслях металлургии за последние 5 лет приведена в таблице 1.3.

Основные расходы электроэнергии в металлургии вызваны работой дробильного, смесительного, транспортирующего и иного оборудования при подготовке шихты для агломерации и коксования, газоочистного оборудования и дымососов на всех металлургических переделах, воздуходувок для подачи дутья в доменную печь, обслуживающих агрегатов и устройств, печей с электродуговым нагревом при выплавке стали (ковшевая металлургия), при производстве стали в электродуговых печах, в производстве ферросплавов (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Динамика потребления ТЭР в подотраслях металлургии [21]

№ п/п	Наименование подотрасли в МК, тыс. т	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7

1	Общее потребление ТЭР по Республике Казахстан	224 867,00	225 315,00	236 395,00	265 991,10	207 589,56
2	Потребление ТЭР в отрасли , всего	47 503,25	47 119,63	50 104,78	43 888,74	45 265,02
3	Доля от общего потребления ТЭР по Республике Казахстан	21,13%	20,91%	21,20%	16,50%	21,81%
4	В том числе по подотраслям:					
5	Металлургическая промышленность	22 564,20	22 497,59	24 105,89	19 058,06	21 595,45
6	Добыча металлических руд	2 374,84	2 124,44	2 247,93	2 157,31	2 093,63
7	Производство чугуна, стали и ферросплавов	18 304,79	17 799,15	19 307,47	17 569,92	16 319,24
8	Производство труб, трубопроводов, профилей, фитингов из стали	3,20	3,39	3,04	4,02	5,01
9	Производство прочих стальных изделий путем первичной обработки	2,88	3,93	5,23	4,28	4,08
10	Производство основных благородных и цветных металлов	4 230,13	4 669,96	5 149,95	5 070,90	5 222,78
11	Литье металлов	23,21	21,16	26,95	24,25	24,82

Производство продукции химической промышленности не только капиталоемкое, но и энергоемкое. Потребление основных энергетических ресурсов при производстве продукции химической промышленности по данным Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан представлено в таблице 1.4.

Таблица 1.4. Потребление основных энергетических ресурсов при производстве продукции химической промышленности в 2015–2019 гг. [22]

№ п/п	Виды топлива и энергии	Е д . измерения	2015	2016	2017	2018	2019
1	Уголь ( коксующий с я , энергетический, прочий )	т.	54 291	39 058	41 892	31 402	35 040
2	Кокс и полукокс из у г л я каменного, лигнита или торфа; уголь ретортный	т.	277 585	154 077	288 256	308 699	331 599
3	Г а з ( природный, нефтяной попутный)	тыс. м3	352 373	445 324	512 349	548 461	414 102
4	Мазут топочный	т.	6 406,0	5 174,8	4 541,3	6 170	4 790
5	Топливо печное бытовое	т.	711,0	305,2	780,8	3 206,1	8 016,8
6	Электроэнергия	тыс.кВтч	2 877 931	2 220 493	2 968 896	3 335 298	3 497 322
7	Тепловая энергия	тыс.Гкал	1 332	1 351	1 303	1 330	1 179

Структура потребления энергоресурсов при производстве продуктов химической промышленности, приведенных в тоннах условного топлива, представлена на рисунке 1.7.

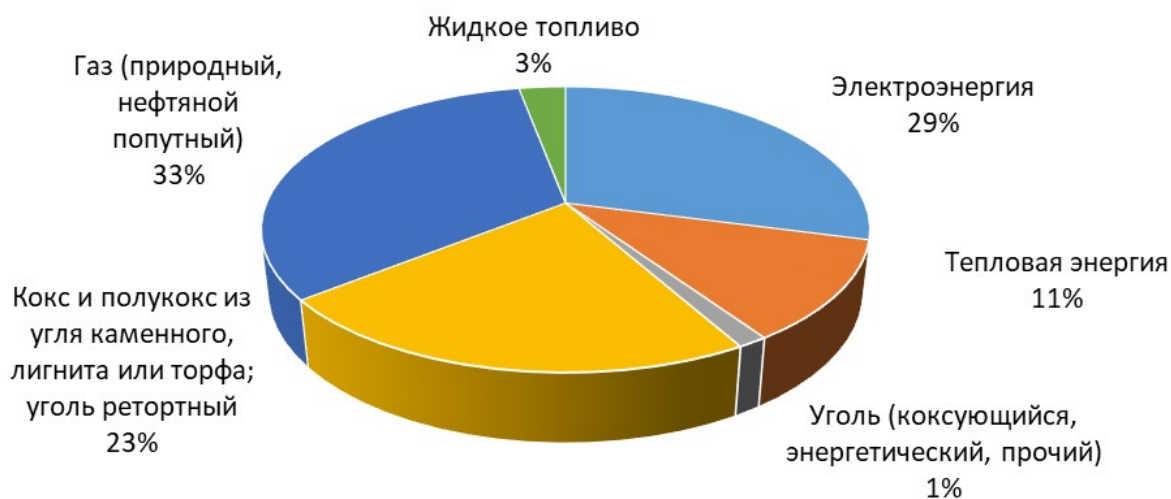


Рисунок 1.7. Структура потребления энергоресурсов при производстве продуктов химической промышленности в 2019 г.

Как видно из представленных данных при производстве продуктов химической промышленности, значительную долю составляет газ (технологическое сырье, энергоноситель), кокс и полукокс (технологическое сырье, энергоноситель), электроэнергия и тепло. Несмотря на рост потребления энергоресурсов, энергоемкость производства продуктов химической промышленности в 2015–2019 годах снизилась с 5,4 тунт/млн тенге до 3,1 тунт/млн тенге, что связано с модернизацией производства, внедрением современных энергоэффективных технологий, выполнением мероприятий по повышению энергоэффективности (таблица 1.5).

Таблица 1.5. Энергоемкость производства продуктов химической промышленности в 2015–2019 годах [22, 23]

№ п/п	Суммарное потребление энергоресурсов, тунт*	2015	2016	2017	2018	2019
		1 300 733	1 191 431	1 494 957	1 606 181	1 478 514

1	2	3	4	5	6	7
1	Производство продуктов химической промышленности, млнтенге	241 588	284 551	333 328	401 141	475 139
2	Энергоемкость производства продуктов химической	5,4	4,2	4,5		3,1

промышленно сти, тут/ млнтенге				4,0	
--------------------------------------	--	--	--	-----	--

\* при определении суммарного потребления энергоресурсов использовались значения коэффициентов перевода в условное топливо.

Доля потребления электроэнергии четырех крупных предприятий отрасли составляет 70 %, а газа (природного и попутного) и того выше – 92 % (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8. Доля потребления электроэнергии и газа крупными предприятиями химической промышленности в 2019 г.

Наиболее энергоемко производство аммиака, каустической соды, желтого фосфора, хлора. Например, удельное потребление электроэнергии на производство желтого фосфора составляет 16,0 тыс. кВтч/тонна, на производство аммиака 1,1–1,2 тыс. м<sup>3</sup> газа и 1,01–1,1 тыс. кВтч электроэнергии на тонну продукции (по данным отраслевого справочника по НДТ "Производство неорганических химических веществ").

Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот требует больших затрат энергии, получаемой обычно за счет сжигания органического топлива. Получаемый на некоторых предприятиях пар энергетических параметров направляется на производство электроэнергии, что позволяет в ряде случаев существенно снизить потребление электроэнергии от внешнего источника. Отличительной особенностью предприятий химической промышленности в целом является то, что большое количество избыточного тепла, образующегося в производственном процессе, позволяет покрыть до 50 % собственных нужд и при этом вырабатывать электроэнергию.

Производство строительных материалов, в том числе цемента является одной из самых быстро растущих отраслей экономики Казахстана. За счет введения в эксплуатацию цементных завода с использованием технологии "сухим способом" в разы уменьшилось потребление электроэнергии на производство 1 тонны цемента по сравнению с "мокрым способом" производства, что позволило увеличить конкурентоспособность предприятий на рынке и существенно сократить потребление энергоресурсов.

Основные показатели энергоэффективности и ресурсопотребления производства цемента Республики Казахстан, полученные на основании данных, представленных разработчикам данного справочника отдельными предприятиями отрасли, приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6. Динамика расхода энергоносителей и производства цемента за 2015–2019 гг.

№ п/п	Наименование энергоносителя	Ед. изм.	Период				
			2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Электрическая энергия	тыс.кВт*ч	853 755,72	959 847,48	920 233,08	1 039 189,18	1 020 339,67
		тут	105 011,95	118 061,24	113 188,67	127 820,27	125 501,78
2	Тепловая энергия	Гкал	26 207,75	19м 982,54	41 398,54	21 473,54	21 348,99
		тут	3 747,7	2 857,5	5 920	3 070,7	3 052,9
3	Бензин	литр	840 480,15	644 501,57	27 508 276,00	2 544 977,00	782 942,30
		тут	927,05	710,885	30 341,628	2 807,11	863,585
4	Керосин	литр	2 480	3 328	3 430	5 338,5	2 650
		тут	3 645,6	4 892,16	5 042,1	7 847,595	3 895,5
5	Дизельное топливо	литр	9 607 330	9 325 023,41	6 981 351,41	9 456 302,86	9 309 545
		тут	12 114,8	11 758,9	8 803,5	11 924,4	11 739,3
6	Газ сжиженный (пропан и бутан)	тонна	52,88	2,7	44	657,35	3 827,2
		тут	83,022	4,239	69,08	1 032,04	6 008,704
7	Газ природный	куб. м	84 020,82	52 410,75	39 858,85	320 668,99	211 276,83
		тут	98 304,36	61 320,58	46 634,86	375 182,72	247 193,89
8	Уголь	тонна	1 495 573,02	1 214 718,44	1 351 087,29	1 416 689,90	936 102,95
		тут	936 228,711	760 413,743	845 780,644	886 847,877	586 000,447
9	Кокс и полукокс из угля	тонна	11,316	8,525	5,328	6,331	5,5
		тут	11,203	8,44	5,275	6,268	5,455
10	Итого расходы ТЭР	тут	741 896,37	664 494,53	791 616,89	862 645,83	797 441,81
Производство цемента		тонна	4 644 511	5 975 005	7 398 882,13	7 290 337,98	7 951 438
Удельный расход ТЭР		кг у.т/т	159,74	111,21	106,99	118,33	100,29

В различных регионах страны открыты производства таких энергосберегающих стройматериалов, как теплоизоляционные панели, предизолированные трубы и предизолированные пенополиуретаном трубы в оцинкованной и полиэтиленовой оболочке (Акмолинская, Северо-Казахстанская и Восточно-Казахстанская области).



Кроме того, производятся следующие инженерные наборы оборудования энергосбережения: теплообменники, тепловые насосы (Акмолинская область и ВКО). Также выпускается вспененный полиэтилен, считающийся на сегодня одним из лучших изоляционных материалов.

### **1.3. Политика энергосбережения в Республике Казахстан**

Политика энергосбережения реализуется в Казахстане на государственном уровне. В Национальном плане развития Республики Казахстан до 2025 года, утвержденного Указом Президента Республики Казахстан от 15 февраля 2018 года № 636 и в Концепции по переходу Республики Казахстан к "зеленой экономике" (далее – Концепция) определены задачи по снижению энергоемкости валового внутреннего продукта (далее – ВВП) страны не менее чем на 20 % к 2021 году, на 30 % к 2030 году и не менее, 50% к 2050 году (от уровня 2008 года).

Основа современной системы энергосбережения и повышения энергоэффективности была создана в 2012–2015 годах в рамках первой пятилетки индустриально-инновационного развития, основные результаты которой приведены ниже:

1) создана полная нормативная правовая база, принят принципиально новый Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV "Об энергосбережении и повышении энергоэффективности" и 27 правовых актов;

2) осуществляется государственный контроль в рамках Кодекса Республики Казахстан "Об административных правонарушениях";

3) национальным оператором энергосервисных услуг определен национальный институт развития энергосбережения и повышения энергоэффективности АО "Институт развития электроэнергетики и энергосбережения";

4) по опыту Японии создан ключевой элемент системы энергосбережения – Государственный энергетический реестр Казахстана (далее – ГЭР);

5) создана автоматизированная информационная система ГЭР, позволяющая принимать отчетную информацию от его субъектов в электронном виде;

6) ведется работа по развитию рынка энергосервисных услуг в Казахстане в рамках 59-го шага Плана наций "100 шагов по реализации пяти институциональных реформ", "Привлечение стратегических инвесторов в сферу энергосбережения через международно признанный механизм энергосервисных договоров", в рамках которой создана Карта энергоэффективности (149 энергосберегающих проектов с объемом инвестиций 63,2 млрд тенге и ежегодной экономией 5,6 млрд тенге);

7) образовался рынок услуг по проведению энергоаудита;

8) налажено международное сотрудничество, в частности с Немецким энергетическим агентством и Центром энергоэффективности Японии, что помогает перенимать передовой опыт этих стран. Реализуются совместные проекты с Всемирным Банком (далее – ВБ), Европейским банком реконструкции и развития (

далее – ЕБРР), с программой развития ООН (далее – ПРООН), Азиатским банком развития (далее – АБР).

По итогам 2019 года энергоёмкость ВВП страны снижена на 33,3 % от уровня 2008 года (0,34 тонн нефтяного эквивалента, далее т.н.э. на 1 000\$ в ценах 2010 года против 0,51 т.н.э. на 1 000 \$ в ценах 2010 года) [24].

Вместе с тем, в 2016 году Всемирный банк провел оценочный анализ 111 стран мира "Регуляторные индикаторы для устойчивой энергетики" по 4-м направлениям, в том числе по направлению "Энергосбережение и повышение энергоэффективности". Оценка проводилась по 12 индикаторам, где по каждому из них присваивались баллы от 0 до 100. По основным индикаторам Республика Казахстан имеет оценку выше среднего. Но есть и низкие оценки, касающиеся прежде всего стимулов и обязательств в государственном и коммунальном секторах, вопросов информирования потребителей, системы маркировки и минимальных стандартов.

#### **1.4. Стратегия низкоуглеродного развития Республики Казахстан**

За последние десятилетия большинство развитых и развивающихся стран определили приоритетность устойчивости экономического роста, расширения возможностей в использовании ресурсов и сокращения вредного воздействия на окружающую среду. Концепция зеленого роста экономики, которая направлена на достижение устойчивого роста посредством эффективного и ответственного использования природных ресурсов, стала неотъемлемой частью экономической политики для правительства с момента ее введения.

В Стратегии 2050 указано, что экономическое развитие Казахстана неразрывно связано с переходом к низкоуглеродной экономике. В 2013 году Стратегия 2050 года была дополнена Концепцией по переходу к "зеленой экономике", которая определяет высокие цели низкоуглеродного развития:

энергоэффективность, подразумевающую снижение энергоёмкости ВВП на 30 % до 2030 года и на 50 % до 2050 года по сравнению с базовым уровнем 2008 года;

50 % доля альтернативных источников энергии в производстве электроэнергии до 2050 года;

сокращение выбросов парниковых газов в производстве электроэнергии на 3 % в 2020 г., 15 % к 2030 г. и на 40 % к 2050 года по сравнению с уровнем 1990 года.

На международном уровне Казахстаном установлены эффективные отношения с многочисленными международными финансовыми учреждениями и стратегическими партнерами в отношении поощрения и развития возобновляемой энергетики, чистых технологий и инфраструктуры. Более того, Казахстан содействует международному сотрудничеству в интересах устойчивого развития в рамках Партнерской программы "Зеленый мост" (далее – GBPP).

Стратегия "Казахстан 2050" и Концепция по переходу к "зеленой экономике" стали важными стратегическими документами, которые проложили путь к трансформации Казахстана.

### **1.5. Экологический вектор движения экономики Республики Казахстан и НДТ**

Концепция "зеленой" экономики ставит амбициозные цели и определяет, что их достижение "потребует значительного изменения существующей траектории развития экономики Казахстана, в результате чего к 2030 году страна сможет восстановить водные и земельные ресурсы и во многом сравняться по средним показателям эффективности использования природного капитала со странами-участницами Организации экономического сотрудничества и развития (далее – ОЭСР) и прочими развитыми странами.

Экологический кодекс привнес серьезные и положительные изменения в экологическое регулирование, а также обозначил шаги по продвижению к более комплексной, межотраслевой нормативно-правовой базе, основанной на сочетании прямых, экономических и информационных инструментов правового регулирования.

Отдельное внимание в новом Экологическом кодексе уделено раскрытию и применению принципа "загрязнитель платит". Впервые этот принцип официально упомянут еще в 1972 году в рекомендациях ОЭСР, в которых было указано, что основная его функция – распределение затрат на мероприятия по предотвращению и контролю загрязнений в целях поощрения рационального использования ограниченных природных ресурсов и во избежание искажений в международной торговле и инвестициях.

Загрязнитель должен нести расходы по выполнению мероприятий, предписанных государственными органами для обеспечения приемлемого состояния окружающей среды.

## **2. Методология определения наилучших доступных техник**

### **2.1. Детерминация, принципы подбора**

Детерминация техник в качестве наилучших доступных основывается на принципах и критериях в соответствии с требованиями Экологического кодекса.

Методология определения техники в качестве наилучшей доступной основывается на подборе и сравнении альтернативных техник, принятых в качестве техник-кандидатов в наилучшие доступные техники, обеспечивающих исполнение целей предприятия и государственных уполномоченных органов в области охраны окружающей среды. Определение техник-кандидатов основывается на результатах комплексного технологического аудита и анализе международного опыта с учетом необходимости обоснованной адаптации к климатическим, экономическим,

экологическим условиям и топливной базе Республики Казахстан, обуславливающим техническую и экономическую доступность наилучших доступных техник в области применения.

Принципы подбора наилучших доступных техник основываются на соблюдении последовательности действий технических рабочих групп и заинтересованных сторон по учету и анализу критериев определения техник в качестве наилучших доступных техник:

Определение ключевых экологических проблем для отрасли с учетом маркерных загрязняющих веществ эмиссий.

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

Из перечня загрязняющих веществ, присутствующих в эмиссиях основных источников загрязнения, 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;

Определение и инвентаризация техник-кандидатов, направленных на решение экологических проблем отрасли.

При определении и инвентаризации техник-кандидатов, направленных на решение экологических проблем отрасли, оставляется перечень техник-кандидатов из имеющихся в Республики Казахстан и в мировом сообществе. Далее список ранжируется по возможности применения на существующей и/ или на новой установке в условиях Республики Казахстан и указываются аргументированные доводы о возможности или невозможности их применения.

Оценка, анализ и сравнение техник-кандидатов в соответствии с критериями, приведенными в п. 2.2 настоящего справочника по НДТ, и на основании установления условий, при которых были достигнуты уровни экологической эффективности, с выявлением перечня техник, удовлетворяющим критериям наилучших доступных техник.

При оценке, анализе и сравнении техник-кандидатов в наилучшие доступные техники соблюдается следующая последовательность действий:

для установленных техник проводится оценка уровня воздействия на различные компоненты окружающей среды и уровней потребления различных ресурсов и материалов;

оценка при наличии необходимой информации затрат на внедрение техник и содержание оборудования, возможные льготы и преимущества после внедрения техник, период внедрения;

по результатам оценки из установленных техник основного технологического процесса выбираются техники:

обеспечивающие предотвращение или снижение воздействия на компоненты окружающей среды;

внедрение которых не приведет к существенному увеличению объемов выбросов других загрязняющих веществ, сбросов загрязненных сточных вод, образованию отходов обезвреживания, потребления ресурсов, иных видов негативного воздействия на окружающую среду и увеличению риска для здоровья населения выше приемлемого или допустимого уровня;

внедрение которых не приведет к чрезмерным материально-финансовым затратам (с учетом возможных льгот и преимуществ при внедрении);

имеющие приемлемые сроки внедрения;

Определение уровней наилучшей экологической результативности, обеспечиваемой наилучшей доступной техникой (включая технологические показатели эмиссий, связанные с НДТ).

Термин "наилучшие доступные техники" определен в ст.113 Экологического кодекса [1].

Под наилучшими доступными техниками понимается наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для того, чтобы служить основой установления технологических нормативов и иных экологических условий, направленных на предотвращение или, если это практически неосуществимо, минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Под техниками понимаются как используемые технологии, так и способы, методы, процессы, практики, подходы и решения, применяемые к проектированию, строительству, обслуживанию, эксплуатации, управлению и выводу из эксплуатации объекта.

Техники считаются доступными, если уровень их развития позволяет внедрить такие техники в соответствующем секторе производства на экономически и технически возможных условиях, принимая во внимание затраты и выгоды, вне зависимости от того, применяются ли или производятся ли такие техники в Республике Казахстан, и лишь в той мере, в какой они обоснованно доступны для оператора объекта.

Под наилучшими понимаются те доступные техники, которые наиболее действенны в достижении высокого общего уровня охраны окружающей среды как единого целого.

Применение наилучших доступных техник направлено на комплексное предотвращение загрязнения окружающей среды, минимизацию и контроль негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Под областями применения наилучших доступных техник понимаются отдельные отрасли экономики, виды деятельности, технологические процессы, технические, организационные или управленческие аспекты ведения деятельности, для которых в соответствии с Экологическим кодексом определяются наилучшие доступные техники.

## **2.2. Критерии отнесения техник к наилучшей доступной технике**

В соответствии с п.3 ст.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.

Обеспечением соблюдения принципов Экологического кодекса при определении техники в качестве НДТ является условие сочетания указанных критериев, выражаемое в соблюдении следующих условий для каждой техники, которая является кандидатом наилучшей доступной:

- 1) наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду;
- 2) экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации;
- 3) применение ресурсо- и энергосберегающих методов;

4) период внедрения техники;

5) промышленное внедрение техники на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

### **Наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду**

При установлении условия обеспечения техникой-кандидатом наименьшего уровня негативного воздействия на окружающую среду рассматривается два показателя:

опасность используемых и (или) образующихся в технологических процессах веществ для атмосферы, почвы, водных систем, человека, других живых организмов и экосистем в целом;

характер негативного воздействия и значения эмиссий загрязняющих веществ в составе выбросов и сбросов.

При определении опасности используемых и (или) образующихся в технологических процессах веществ проводится инвентаризация эмиссий загрязняющих веществ в составе выбросов и сбросов, их объемов (масса), а также объемов и характеристик отходов. При оценке опасности используемых и (или) образующихся в ходе технологических процессов загрязняющих веществ устанавливаются маркерные загрязняющие вещества, выделяющиеся в атмосферу, поступающие в водные объекты, в промежуточные продукты и отходы.

Выбор маркерных веществ основывается на установлении следующих характеристик:

вещество характерно для рассматриваемого технологического процесса;

вещество присутствует в эмиссиях постоянно и в значимых концентрациях;

вещество оказывает значительное воздействие на окружающую среду;

метод определения вещества является доступным, воспроизводимым и соответствует требованиям обеспечения единства измерений;

количественным критерием для определения маркерных веществ является их наибольший совокупный вклад в общем объеме выбросов загрязняющих веществ.

### **Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации техники**

При установлении условия обеспечения экономической эффективности проводится оценка затрат на внедрение, эксплуатацию техники и выгоду от ее внедрения путем применения метода анализа затрат и выгод. Если внедрение различных техник дает положительные результаты, то техникой с самой высокой результативностью считается та, которая дает наилучшее соотношение "цена/качество" и, соответственно, демонстрирует наилучшие экономические показатели среди рассматриваемых техник. Данный метод анализа требует более широкого охвата данных, где данные по выгодам/затратам сложно представить в денежной форме.

Проведение анализа инкрементального денежного потока, возникающего в результате разницы денежных потоков "до" и "после" внедрения техники, позволяет провести экономический анализ, который наиболее знаком большинству предприятий.

Альтернативой методу анализа затрат и выгод служит анализ эффективности затрат, используемый для определения наиболее предпочтительных для достижения определенной экологической цели при самой низкой стоимости мероприятий. Ранжирование техник-кандидатов НДТ по мере возрастания их экономической эффективности позволяет исключить варианты, которые необоснованно и неоправданно дороги по сравнению с полученной экологической выгодой.

Экономическая эффективность техники определяется согласно формуле:

экономическая эффективность = годовые затраты, тенге/сокращение эмиссий, т/год.

Методология расчета затрат устанавливает алгоритм, позволяющий собрать и проанализировать данные о капитальных затратах и эксплуатационных издержках для сооружения, установки, технологии или процесса с учетом экономической эффективности внедрения и эксплуатации.

Основные этапы оценки приведены на рисунке 2.1.

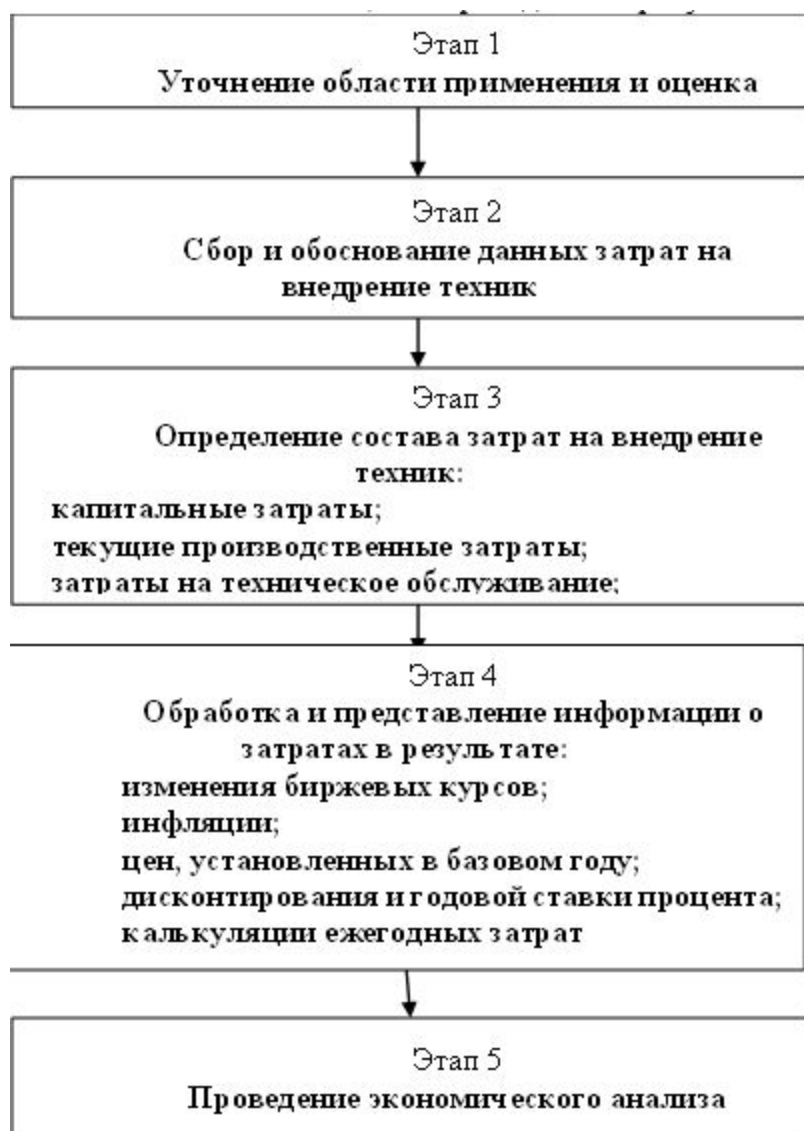




Рисунок 2.1. Этапы оценки экономической эффективности внедрения и эксплуатации техники

В ходе проведения экономического анализа внедрения НДТ рассматриваются:

- 1) опыт предыдущего успешного использования в промышленном масштабе сопоставимых техник;
- 2) информация об известных авариях, связанных с внедрением и эксплуатацией данной техники на производстве;
- 3) географические факторы климата внедрения техник (расположение относительно источников энергии, ее доступность, логистические цепочки), а также технологические ограничения, связанные с региональными физико-географическими и геологическими условиями и наличием особо охраняемых природных территорий, памятников культуры и объектов рекреации.

Для проведения оценки техники-кандидата определяется структура затрат с выделением капитальных затрат (на строительство сооружений, приобретение и монтаж оборудования) и эксплуатационных. В эксплуатационных затратах выделяются затраты на техническое обслуживание и ремонт, энергоносители, материалы и услуги, затраты на оплату труда.

По итогам сбора информации о затратах проводится ее обработка для обеспечения дальнейшего объективного сравнения рассматриваемых альтернативных вариантов.

### **Период внедрения техники**

Для оценки времени внедрения техники используется период окупаемости определенной техники в сравнении с затратами, относящимися к обеспечению охраны окружающей среды. Проводится оценка скорости внедрения техники. При этом рекомендуется отдельно рассматривать скорости внедрения техник следующих временных масштабов:

- краткосрочный (от нескольких недель до месяцев);
- среднесрочный (от нескольких месяцев до года);
- долгосрочный (обычно составляет несколько лет).

Выбор времени модернизации основывается на плановой замене существующего оборудования. Оценивая скорость (период) внедрения НДТ, рекомендуется также проанализировать предельные затраты на модернизацию. Для НДТ, которые требуют существенных инвестиционных капитальных затрат или значительных модификаций производственных процессов и инфраструктуры, представляется необходимым предусматривать более длительные периоды их внедрения.

### **Применение ресурсо- и энергосберегающих методов**

При анализе применения ресурсо- и энергосберегающих методов учитываются требования и положения существующих нормативно-правовых документов в области

энерго- и ресурсосбережения. Целью анализа является установление техник, которые характеризуются (среди рассматриваемых) лучшими показателями энерго- и ресурсосбережения.

Проводится сравнительный анализ техник по потреблению основных ресурсов, принимая во внимание:

1) потребление энергии:

общий уровень энергопотребления и для различных (основных, вспомогательных и обслуживающих) технологических процессов (с оценкой основных возможностей его снижения);

вид и уровень использования топлива;

2) потребление воды:

технологические процессы, в которых используется вода;

общий объем потребления и для технологических процессов (с оценкой возможностей его снижения или повторного использования);

назначение воды (промывная жидкость, хладагент и т. д.);

наличие систем повторного использования воды;

3) объем потребления сырья и вспомогательных материалов (реагентов и т. п.) с оценкой возможностей их повторного использования.

После сравнительного анализа определяется возможность регенерации и рециклинга веществ и рекуперации энергии, используемых в технологическом процессе.

В качестве основных показателей энергоэффективности и ресурсосбережения, применяемых для сравнительной оценки рассматриваемых техник, используются (при регламентированных условиях эксплуатации оборудования) показатели - удельные расходы электроэнергии, тепла, топлива, воды, различных материалов, т. е. фактические затраты того или иного ресурса (электроэнергия, тепло, вода, реагенты и т. д.) на единицу продукции или оказываемой услуги, выражаемые, например, для электроэнергии в кВт-ч на 1 объема продукции или оказываемой услуги, для тепловой энергии – в Гкал/объем продукции или оказываемой услуги, для воды - в м<sup>3</sup>/объем продукции или оказываемой услуги и т. д.

Ресурсосбережение (т. е. сбережение энергии и материалов) оценивается также с точки зрения возможности реализации соответствующих правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование и экономное расходование топливноэнергетических и других материальных ресурсов. Потенциал ресурсосбережения реализуется через конкретные энерго- и ресурсосберегающие мероприятия, которые можно разделить на организационно-технические, предполагающие повышение культуры производства, соблюдение номинальных режимов эксплуатации оборудования, обеспечение оптимального уровня загрузки

агрегатов, ликвидацию прямых потерь топливно-энергетических ресурсов, своевременное выполнение наладочных и ремонтно-восстановительных работ, использование вторичных энергоресурсов (включая утилизацию низкопотенциального тепла вентиляционных выбросов, процессы регенерации и рекуперации энергии), оснащение приборами учета используемых энергетических и других ресурсов, и инвестиционные, связанные с своевременным замещением морально устаревших производственных мощностей (производственных узлов), внедрением современного энергоэффективного и энергосберегающего оборудования, модернизацией и автоматизацией существующих технологических процессов.

Любое возможное преобразование технологического процесса и (или) используемого оборудования, влекущее за собой уменьшение удельного расхода энерго- и других ресурсов на единицу объема продукции или оказываемой услуги, особенно при снижении (или при существующем уровне выбросов и сбросов вредных веществ) оценивается как повышение его энергоэффективности и ресурсосбережения (с учетом экономической эффективности и технологической надежности данного преобразования).

### **2.3. Особенности выбора НДТ по энергоэффективности**

На начальном этапе выбора техники-кандидата в НДТ по энергоэффективности необходимо оценить существующие резервы методами и решениями, которые позволяют уточнить структуру энергопотребления, идентифицировать потери и определить приоритеты разработки программ, направленных на повышение энергетической эффективности и экологической результативности производства. Прежде всего проводится сбор информации по потреблению энергии в целом по промышленности Республики Казахстан, по самым энергоемким отраслям и объектам I категории. На основании полученных данных проводится сравнительный анализ уровней энергопотребления по основным энергоемким процессам.

Затем оцениваются возможности (резервы) снижения энергопотребления:

1) с помощью организационных мер и принципов ведения технологических процессов, включающих в себя:

применение автоматизации и информационных технологий,  
оптимизацию и управление термодинамическими параметрами процессов,  
технологические приемы,

рациональный выбор источника энергии в аппаратах, оптимизацию процессов горения,

уменьшение непроизводительных энергозатрат.

2) с использованием полной внутренней энергии, включающее в себя:

утилизацию остаточного тепла (бросовых энергетических потоков технологических процессов),

использование источников низкопотенциальной энергии и скрытой теплоты фазового перехода и энергии химических реакций;

- 3) использование отходов производства;
- 4) учитывая особенности месторасположения систем и инфраструктурные проекты: эффект масштаба и повышение эффективности электродвигателей;
- 5) энерготехнологическое комбинирование и модернизация технологий;
- 6) работа оборудования в оптимальных режимах.

Такой же подход применяется на уровне предприятия. Оценка эффективности сложных и распределенных энерготехнологических систем, их энергетической эффективности – процесс системный и многофакторный. При выявлении резервов и постановке целей в области повышения энергоэффективности можно использовать в качестве ориентиров результаты отраслевого сравнительного анализа (бенчмаркинга), в том числе международного, которые в ряде случаев публикуются в открытой печати. Рассматриваются такие инструменты выявления резервов, как энергетические балансы, модели, пинч-анализ, энтальпийный и эксергетический анализ [29].

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

Из-за "горизонтального" характера и своей специфики данный справочник применим к широкому кругу отраслей и видов деятельности, описание которых представлено в соответствующих справочниках по НДТ. В данном разделе кратко изложены реализуемые в настоящее время схемы проведения энергоаудитов, нормативные расходы электрической энергии, тепловой энергии и топлива по основным энергоемким отраслям, подходы к нормированию энергопотребления по отдельным отраслям промышленности и удельные показатели по результатам энергоаудитов относящихся к этим отраслям предприятий Республики Казахстан, предоставивших свои данные в процессе разработки данного справочника по НДТ.

#### **3.1. Энергоаудит**

Развитие государственной политики в области энергосбережения и повышения энергоэффективности предусмотрено:

введение нормативов энергопотребления для всех видов промышленной продукции и услуг; все промышленные предприятия обязаны соответствовать данным нормативам ;

введение рекомендательных требований по энергоэффективности для всех видов транспорта, электродвигателей, а также зданий, строений, сооружений, и к их проектной документации;

введение классов энергоэффективности зданий, строений, сооружений и правил их определения и пересмотра;

принятие правил проведения энергоаудита на промышленных предприятиях и зданиях;

введение рекомендаций по внедрению систем энергоменеджмента на предприятиях, потребляющих более 1500 тунт. в год;

утверждение правил деятельности учебных центров по переподготовке и повышению квалификации физических и юридических лиц, осуществляющих энергоаудит и (или) экспертизу энергосбережения, а также созданию, внедрению и организации системы энергоменеджмента.

Одним из главных механизмов действия новой законодательной базы явилось создание Государственного энергетического реестра (далее – ГЭР).

ГЭР включает 23 794 организаций, в том числе 729 энергоёмких промышленных предприятий, которые обязаны обеспечивать по итогам энергоаудита ежегодное снижение объема потребления энергоресурсов.

Совершенствование системы энергосбережения и повышения энергоэффективности предлагается по двум направлениям – для частного и государственного секторов.

Для частных юридических лиц предлагаются такие меры, как:

частичное исключение жестких норм регулирования (например, уменьшение количества юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, обязанных проводить энергоаудит, сокращение количества предоставляемой информации);

профилактический контроль (в соответствии с законом Республики Казахстан "О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам совершенствования регулирования предпринимательской деятельности");

введение в штат должности энергоменеджера (для крупных предприятий);

передача контрольных функций в уполномоченный орган по вопросам электроэнергетики (для электрических станций).

Комплекс мер направлен на совершенствование системы энергосбережения и, принимая во внимание международный опыт стран ближнего и дальнего зарубежья, предлагает соответствующие изменения и дополнения в законодательство Республики Казахстан с учетом предложений государственных и местных исполнительных органов. Для этого планируется повышение порогового значения потребления энергоресурсов для проведения обязательного энергоаудита с нынешних 100 тунт до 1 500 [31]. Это положение будет действовать как для субъектов квазигосударственного сектора, так и для частного бизнеса. Так, согласно законодательству, заключение энергоаудита обязаны получить все субъекты ГЭР, за исключением государственных учреждений.

Сегодня промышленные предприятия Казахстана потребляют порядка 40 % энергоресурсов страны. По всем промышленным предприятиям проведен энергоаудит. Средний потенциал составляет 10 %.

На сегодняшний день 1 647 организаций (в т.ч. гос. учреждения) провели у себя энергоаудит, и порядка 732 организаций утвердили внутренний план мероприятий в области энергосбережения и повышения энергоэффективности.

По итогам 2020 года субъекты ГЭР внедрили проекты по энергосбережению и повышению энергоэффективности на сумму 906 млрд тенге. [32]

### 3.2. Нормативы энергопотребления

В современных условиях, когда возрастают объемы потребления топлива и энергии, а также резко увеличиваются затраты, связанные с их добычей, производством и транспортировкой, требуется коренным образом улучшить работу по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов. Для успешного решения поставленных задач необходимо наличие конкретных нормативно-методических документов и указаний, отвечающих современным требованиям, обеспечивающих разработку и внедрение мероприятий по рациональному использованию и экономии топливно-энергетических ресурсов, в первую очередь в наиболее энергоемких отраслях промышленности.

Ниже приведены отдельные таблицы по основным энергоемким отраслям экономики Республики Казахстан с нормативными и реальными значениями энергопотребления, данные по которым были получены от некоторых предприятий соответствующих отраслей.

#### 3.2.1. Черная и цветная металлургия

Нормативы и фактические данные расходов электрической энергии, тепловой энергии и топлива по отраслям черной и цветной металлургии, по видам имеющегося на данный момент в Республике Казахстан производства приведены в таблицах 3.1 – 3.3 с учетом полученных от некоторых предприятий материалов и имеющейся отчетности.

Таблица 3.1. Установленные приказом нормативы расхода электроэнергии на единицу продукции и фактические показатели

№ п/п	Наименование производства	Единица продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, Киловатт-час	
			Нормативы согласно приказу МИИР 394	Фактические показатели, предприятия ЧМ и ЦМ РК
1	2	3	4	5
1	Черная металлургия			
1.1	Кокс	тонна	17	16,34
1.2	Чугун	тонна	14	18,3*
1.3	Доменное производство	тонна чугуна	23	36,07**

1.4	Конверторное производство	тонна стали	30	57,96
2	Прокат:			
2.1	непрерывные станы холодной прокатки	тонна проката	400	579
2.2	по прокатным цехам отдельных заводов	тонна проката	201,1	119,4
3	Прокат по цехам холодной прокатки:			
3.1	ж е с т и электролитического лужения	тонна	400	340–579
3.2	непрерывно-заготовочные станы 720/500	тонна заготовок	18	18,30
3.3	Прокат горячей прокатки:			
3.4	на широкополосном стане	тонна	105	81,1
3.5	на толстолистовом стане	тонна	110	129,59
3.6	Прокат холодной прокатки:			
3.7	на непрерывном стане	тонна	140	144,0
4	Обогатительные фабрики черной металлургии:			
4.1	дробильно-сортировочная	тонна руды	1,5	2,58
4.2	промывочная	тонна руды	2,5	4,11
4.3	сухое обогащение	тонна руды	5	6,47
4.4	мокрое обогащение	тонна руды	65	48,91
4.5	гравитационно-обогатительная фабрика	тонна руды	20	23,94
4.6	агломерационная фабрика	тонна агломерата	68	56
4.7	Обогатительные фабрики в цветной металлургии	тонна руды	35	37,72
5	Производство ферросплавов			
5.1	Ферросилиций:			
5.2	75 % кремния	тонна	10 800	11 270
5.3	15-18 % кремния	тонна	2 150	2 345
5.4	Феррохром:			
5.5	высокоуглеродистый (печи переменного тока)	базовая тонна*	4 100	3 610







1	Электроэнергия	кВт·ч/ед.прод.	81,0	81,8	81,1	78,5	78,2	78,5–81,8
2	Газ доменный	м³/ед.прод.	28,5	26,2	24,9	28,7	33,3	24,9–33,3
3	Газ коксовый	м³/ед.прод.	17,9	12,8	14,1	16,3	10,9	10,9–17,9
4	Газ сжиженный	тонн/ед.прод.	0,008	0,007	0,007	0,007	0,008	0,007–0,008
Производство сортового проката								
1	Электроэнергия	кВт·ч/ед.прод.	77,0	98,0	81,4	91,3	91,7	77,0–98,0
2	Газ доменный	м³/ед.прод.	99,1	137,4	107,0	114,5	146,8	99,1–146,8
3	Газ коксовый	м³/ед.прод.	63,1	66,8	59,1	62,4	46,8	46,8–66,8
Производство стали в конверторах								
1	Электроэнергия	кВт·ч/ед.прод.	59,42	60,08	54,62	52,23	57,96	52,23–60,08
2	Газ сжиженный	тонн/ед.прод.	0,0009	0,0011	0,0008	0,0008	0,0015	0,0008–0,0015
3	Газ коксовый	м³/ед.прод.	0,009	0,010	0,012	0,012	0,016	0,009–0,016
4	Кокс	тонн/ед.прод.	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002–0,003
Производство холоднокатанного проката								
1	Пар	Гкал/ед.прод.	37,900	51,900	44,800	39,000	47,800	37,900–51,900
Производство холоднокатанного проката (жесть, конструкция, кровля, подкат для ЦГЦА)								
1	Электроэнергия	кВт·ч/ед.прод.	370	350	340	340	579	340–579
2	Газ доменный	м³/ед.прод.	100,10	126,80	164,04	158,56	234,07	100,10–234,07
3	Газ коксовый	м³/ед.прод.	63,37	57,45	91,00	88,33	70,28	57,45–91,00
Производство чугуна								
1	Кокс	тонн/ед.прод.	0,587	0,577	0,594	0,605	0,601	0,577–0,605
2	Пар	Гкал/ед.прод.	0,060	0,062	0,055	0,046	0,063	0,046–0,063
3	Электроэнергия	кВт·ч/ед.прод.	19,8	19,5	19,4	19,5	18,3	18,3–19,8
4	Газ доменный	м³/ед.прод.	437,8	506,2	590,7	583,3	598,4	437,8–598,4
5	Мазут топочный	тонн/ед.прод.	0,039	0,042	0,046	0,044	0,040	0,039–0,046

Отклонение фактических показателей от нормативных в сторону увеличения энергопотребления вызвано, как правило, следующими факторами:

использование сырья низкого качества (низкое содержание целевого металла, высокое содержание нежелательных компонентов);

неполная загруженность производственных мощностей со значительным отклонением от проектных объемов (из-за отсутствия заказов);

переход на использование другого метода производства (например, уменьшение объема производства методом помола за счет увеличения печного производства);

неудовлетворительное состояние оборудования и высокий износ оборудования.

Кроме того, структура, физические, химические и другие характеристики казахстанских руд при добыче, обогащении и металлургической переработке требуют индивидуальной технологии почти для каждого месторождения.

Важно отметить сложность применения принятых нормативов по энергопотреблению. Так, например, удельные затраты энергии на добычу руды являются непостоянными и испытывают значительные отклонения в пределах 5-50 %. Каждый рудник/месторождение имеет свою технологическую особенность и свою зависимость потребления энергии от объемов добычи ресурса. По мнению ряда экспертов, проводить сравнение энергопотребления рудников в соответствии с едиными нормативами потребления энергии зачастую не корректно, слишком многое зависит от геологических особенностей рудника и технологий его разработки.

В секторе угледобычи также отмечается существенное превышение нормативов энергопотребления [33].

Сравнение удельных показателей энергопотребления металлургического производства за 2015-2019 гг. с данными российских (далее – ИТС) и европейских справочников (далее - BREF) НДТ и нормативами Приказа №394 приведено в таблице 3.3.

Таблица 3.3. Удельные показатели энергопотребления металлургического производства в сравнении с данными справочников по НДТ и Приказа №394

№ п/п	Ресурс	Единицы измерения	Фактические данные	Справочники		
			мин–макс за 2015–2019 гг.	ИТС [34] (Российский)	BREF [35] (Европейский)	Приказ РК № 394
1	2	3	4	5	6	7
Производство кокса						
1	Электроэнергия	кВт·ч/т	2,83–16,4	30–70	Н е нормируется	17,0
Производство агломерата						
1	Электроэнергия	кВт·ч/т	56–64,3	23–48,7	8,3–25,2 (25,5–43 для вентиляторов)	-

2	Кокс	тонн/т	0,052–0,059	0,023–0,048	Н е нормируется	-
Производство стали в конвертерах						
1	Электроэнергия	кВт·ч/т	52,23–60,08	19–72,4	Н е нормируется	30,0
Производство чугуна						
1	Кокс	тонн/т	0,577–0,605	0,433–0,486	Н е нормируется	-
2	Электроэнергия	кВт·ч/т	18,3–19,8	4,9–27,4	Н е нормируется	14,0

Как видно из таблицы 3.3, средние значения потребления электроэнергии по производству кокса и чугуна вписываются в пределы энергопотребления, заданные российскими справочниками, однако производство стали в конвертерах, как и агломерата значительно превышает нормативы ИТС, что может быть вызвано отличающимся от российских аналогов качеством сырья, особенностями технологических процессов и, возможно, методик расчета удельных показателей.

Установленные в Республике Казахстан нормативы удельного электропотребления для добывающих предприятий не учитывают физико–химические свойства добываемых руд (их состав, плотность, содержание и т.д), которые существенно влияют на энергоемкость процесса. Норматив, как правило, не учитывает также способ откатки руды, от которого зависит, какой энергоресурс будет основным – электроэнергия или моторное топливо. Кроме того, для подземных рудников значительное влияние на удельное энергопотребление оказывает глубина разработки.

Нормативы потребления энергоресурсов должны устанавливаться, исходя из особенностей работы предприятий, фактически сложившихся в ходе эксплуатации показателей функционирующих рудников, с требованиями минимальных объемов снижения энергопотребления на регулярной основе, а также по проектным (расчетным) показателям для вновь вводимых в эксплуатацию объектов. Необходимо отказаться от концепции контроля потребления энергоресурсов по усредненному для всех лимиту (нормативу) и рассмотреть возможность разработки нормативов по каждому из них, с учетом особенностей, что позволит наладить точный учет энергопотребления и разработать на основании полученной реальной картины мероприятия по повышению энергоэффективности оборудования.

Нормативы, действующие в Казахстане для обогащательных фабрик, так же не соответствуют действительности и разделяются в зависимости от их суточной производительности. Фактическое удельное электропотребление ряда обогащательных фабрик, работающих с полиметаллическими рудами, более чем в два раза превышает существующие нормативы ввиду высокой плотности руды, хотя и соответствует своим проектным величинам (т.е. актуальные проектные величины значительно выше

утвержденных нормативов) [33]. Кроме того, в утвержденных нормативах имеется большой разрыв между нормативом обогатительных фабрик с суточной производительностью до 10 000 тонн и до 20 000 тонн и выше. Другими словами, мощность производства также оказывает влияние на удельные показатели энергопотребления (при расчетах нормативов не был учтен эффект масштабирования).

### **3.2.2. Нефте- и газодобывающая и перерабатывающая промышленность**

В Казахстане в той или иной степени присутствуют все сегменты нефтяной отрасли – разведка, добыча сырой нефти, добыча и стабилизация сырого газоконденсата, сепарация и первичная подготовка ПНГ, транспортировка сырой нефти и продуктов ее переработки по нефтепроводам и железнодорожным транспортом, однако наиболее развитым сектором является добыча. На этапе добычи формируется около 75–80 % добавленной стоимости в отрасли.

Необходимо отметить, что значительная доля нефтегазовых месторождений Казахстана характеризуется низкими коэффициентами извлечения нефти, относится к категориям истощенных, малодобитных и высоковязких. В результате удельный расход энергии на добычу нефти в республике относительно высокий. Специфической особенностью части добываемой в Казахстане нефти является высокое содержание парафинов, что сказывается на энергопотреблении не только при добыче, но и при транспортировке. Так, для транспортировки нефти по магистральным нефтепроводам на западе страны необходимо поддерживать температуру нефти порядка 40–50 °С, при этом отсутствие достаточного уровня теплоизоляции на нефтяных резервуарах нефтеперекачивающих станций приводит к большим потерям энергии.

Нефтеперерабатывающая отрасль Республики Казахстан прошла за последние несколько лет масштабную модернизацию, после завершения которой значительно выросла глубина переработки нефти. Проведенная модернизация крупнейших нефтеперерабатывающих заводов способствовала увеличению совокупного годового объема нефтепереработки и была направлена на повышение степени обеспечения потребностей внутреннего рынка нефтепродуктами. Кроме того, модернизация НПЗ предполагает и мультипликативный эффект. Во-первых, должна вырасти энергоэффективность нефтепереработки. Во-вторых, существенное улучшение качества производимого топлива должно повысить и энергоэффективность автотранспортных средств.

Более 90 % объемов добычи газа приходится на попутный газ. При этом около половины добываемого в Казахстане газа используется для обратной закачки в пласт для поддержания пластового давления, потребляется недропользователями на собственные нужды либо сжигается на факелах. В свою очередь, из оставшихся объемов, направляемых на переработку, производится товарный газ. Согласно казахстанскому законодательству ("Закон о недрах и недропользовании") сжигание попутного газа на факелах без технологической потребности запрещено, при этом

предусмотрены значительные штрафные санкции за неправомерное сжигание попутного газа. При этом в 2013 году в Казахстане планировалось достигнуть практически полного прекращения сжигания попутного нефтяного газа на факелах, за исключением технологически неизбежного. Однако пока этого не удалось полностью достичь. Поэтому одной из наиболее важных задач для нефтегазовой отрасли в части ресурсосбережения Республики Казахстан является разработка механизмов по стимулированию эффективной утилизации попутного газа.

В секторе нефтедобычи, как и горнодобывающем комплексе, наблюдается превышение нормативов энергопотребления, причем отклонения от норм потребления может составлять от нескольких процентов до многократного превышения значения норматива. Необходимо отметить, что в сфере нефтедобычи отмечается постоянный и неизбежный рост удельного потребления электроэнергии, вызванные истощением пласта. При этом требования к удельному потреблению электроэнергии при добыче нефти и газа также регламентируются нормативами энергопотребления, которые, как и в горнорудном секторе, имеют сложности при применении без учета особенностей конкретного месторождения. Часть добывающих предприятий уже превышает указанные нормативы. Это касается в первую очередь предприятий, разрабатывающих месторождения с трудно-извлекаемыми запасами, а также эксплуатирующих малодобитные и высоко-обводные скважины.

В результате очевидно, что введенные нормативы энергопотребления в промышленности являются неэффективным механизмом. Составление нормативов потребления энергоресурсов в этой связи должно проводиться индивидуально по каждому предприятию на основании результатов энергетических аудитов и с учетом специфики его работы. Такой подход мог бы привести к более ощутимым результатам в части энергоэффективности [33].

Нефте- и газодобыча: в тех крупных месторождениях Казахстана, которые были запущены в последние 25–30 лет, эксплуатация ведется при использовании сравнительно нового оборудования и характеризуется довольно эффективной организацией технологических процессов. Напротив, месторождения, эксплуатирующиеся более 30–40 лет, характеризуются наличием проблем как в технологической части, так и в части электроснабжения и эффективности работы вспомогательного оборудования.

Кроме того, важную роль играет и бесперебойная работа оборудования. Аварийные отключения электроэнергии на месторождениях приводят к снижению суточного дебита и главное, к отказам оборудования (в особенности подземного). Причем выход месторождений на прежний среднесуточный уровень добычи нефти после аварийных отключений электроэнергии может занять от одних суток до месяца. Износ электросетевого оборудования и ненадлежащий уровень его технического обслуживания электроснабжающими организациями (региональными и/или

собственными) являются основными причинами аварийных отключений электроэнергии на месторождениях. Аварийные отключения электроэнергии также зачастую связаны с пробоем изоляции, нахлестом проводов и другими технически решаемыми проблемами. Нерешенные проблемы надежности электроснабжения предприятий оказывают существенное влияние на уровень добычи нефти и работу основного оборудования месторождений.

Транспортировка нефти: ввиду значительного содержания парафинов и низкой температуры застывания нефти на части казахстанских месторождений, еѸ транспортировка связана с рядом уникальных технических решений, одним из которых является подогрев нефти. При современном уровне технологий и стоимости топлива можно добиться значительного снижения потребления топлива на подогрев нефти, например, за счет применения новых теплоизоляционных материалов на объектах "горячего" нефтепровода Узень–Атырау - Самара", протяженностью более 1 380 км (1 232 км по территории Республики Казахстан, нефть в котором подогревают до 36–41°С). Показатели потребления газа на собственные нужды и потери (далее – СНИП) при его транспорте и распределении не всегда показательны для сравнения газотранспортных систем, так как величина потерь зависит от многих факторов: протяженность газопроводов, количество запорно-регулирующих узлов, давление в газопроводах, количество и мощность газораспределительных станций, газорегуляторные пункты и т.д. Система магистральных газопроводов характеризуется в основном высокой долей износа основного оборудования – компрессорных агрегатов, и, как следствие, их низким КПД и высоким удельным потреблением газа.

Нефтепереработка. Казахские НПЗ были спроектированы в советское время, в совершенно иных технико-экономических реалиях, с доступностью и низкой стоимостью энергетических ресурсов. В настоящее время НПЗ Казахстана имеют значительный потенциал повышения энергоэффективности. Так, помимо потребления электроэнергии, на НПЗ потребляются значительные объемы тепловой энергии (в виде пара), поставляемой из собственных (ТЭЦ, паровых котлов) или от внешних источников. Применение новых композитных материалов для теплоизоляции паропроводов НПЗ и увеличение объема рекуперации тепла требует инвестиций, которые приведут к значительному снижению потерь тепла и вовлечению сбросного тепла в технологический процесс.

Нормативный расход электрической энергии по отрасли "топливная промышленность" приведено в приказе Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 394.

### **3.2.3. Химическая промышленность**

Действующие нормативы расхода электроэнергии на единицу продукции химической промышленности (производство некоторых неорганических соединений) представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4. Нормативы расхода электроэнергии на единицу продукции химической промышленности

№ п/п	Наименование производства	Единица продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВтч	
			Нормативы согласно приказа МИИР 394	Фактические показатели
1	2	3	4	5
1	Азотно-туковый завод:			
2	Производство связанного азота	тонна	10 230	1 967*
3	Производство:			
4	С о д ы кальцинированной	тонна	83,7	Нет данных
5	Сода каустической	тонна	111,6	2 300–2 600**
6	Кислот:			
7	Фосфорной	тонна	5 580	Нет данных
8	Суперфосфата	тонна	9,3	Нет данных
9	Суперфосфата двойного	тонна	60,4	Нет данных
10	Водород	1 тыс. моль	5 580	Нет данных
11	Желтый фосфор	тонна	18 531,9	20 070
12	Термическая фосфорная кислота	тонна	371,5	349
13	Триполифосфат натрия	тонна	855,1	848
14	Гексаметофосфат	тонна	1 274,50	Нет данных
15	Аммофосфат	тонна	400,2	210
16	Кормовый обесфторенный фосфат 27 % P2O5	тонна	646,7	Нет данных

\* весь расход электроэнергии по АО "КазАзот" на тонну производства аммиака;

\*\* расход электроэнергии при мембранной технологии производства на 1 т 100 % NaOH (массовая доля NaOH в электролитической щелочи – 30–32 %).

Представленные в таблице 3.4 нормы, являются единственными регламентирующими потребление электроэнергии показателями по химической промышленности, установленными Приказом № 394. К сожалению, в нормативах отсутствуют нормы потребления электроэнергии по многим другим химическим веществам, производимым в Казахстане. В Приказе № 394 отсутствуют также нормы потребления природного газа и тепла на единицу произведенной продукции. Основными нормативными документами, регламентирующими потребление энергетических ресурсов и сырья на предприятиях химической промышленности, являются технологические регламенты производств.





4.2	Удельный расход природного газа, туг/т	Норма	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262
		Факт	0,210	0,248	0,248	0,253	0,253
4.3	Удельный расход тепла, Гкал/т	Норма	0,475	0,475	0,475	0,475	0,475
		Факт	0,475	0,47	0,475	0,476	0,471

Фактическое удельное потребление основных ресурсов (электроэнергия, природный газ, тепло) на производство хромовых соединений в 2015–2019 годах представлено в таблице 3.6 (по данным проведения КТА).

Таблица 3.6. Удельные показатели энергоэффективности при производстве хромовых соединений за 2015–2019 гг.

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	2015	2016	2017	2018	2019
-------	--------------	----------	------	------	------	------	------

1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Производство монокромата натрия (ПМН-1)							
1.1	Удельный расход электроэнергии	Норматив	кВтч/т	205,5	212	202	198	198
		Факт		202,73	187,66	190,89	194,20	198,18
1.2	Удельный расход тепла в паре	Норматив	Гкал/т	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
		Факт		0,51	0,51	0,51	0,509	0,514
1.3	Удельный расход газа	Норматив	м <sup>3</sup> /т	683	680	697	707	708
		Факт		700,96	731,7	707,6	680	724,65
2	Производство монокромата натрия (ПМН-2)							
2.1	Удельный расход электроэнергии	Норматив	кВтч/т	396	403	403	403	393
		Факт		427,76	416,46	384,2	383	356,42
2.2	Удельный расход тепла в паре	Норматив	Гкал/т	0,51	0,51	0,51	0,51	0,47
		Факт		0,51	0,51	0,519	0,509	0,51
2.3	Удельный расход газа	Норматив	м <sup>3</sup> /т	680	680	697	707	706
		Факт		697,74	694,06	702,9	686	692,04
3	Производство бихромата натрия (кристаллический)							
3.1	Удельный расход электроэнергии	Норматив	кВтч/т	256	248	243	243	242
		Факт		227,93	230,51	223,89	222	230,52
		Норматив		3,25	3,25	3,24	3,2	3,12

3.2	Удельный расход тепла в паре	Факт	Гкал/т	2,89	2,88	2,72	3,21	2,68
4	Производство бихромата натрия (для производства Хромового Ангидрида)							
4.1	Удельный расход электроэнергии	Норматив	кВтч/т	219	195	197	197	219,3
		Факт		190,98	181,85	181,1	181	203,46
4.2	Удельный расход тепла в паре	Норматив	Гкал/т	2,55	2,55	2,54	2,50	2,486
		Факт		2,299	2,252	2,16	2,509	2,02
5	Производство бихромата натрия (для производства сульфата хрома)							
5.1	Удельный расход электроэнергии	Норматив	кВтч/т	219	195	197	197	216,3
		Факт		191,30	178,74	179,2	178	205,74
5.2	Удельный расход тепла в паре	Норматив	Гкал/т	2,55	2,55	2,54	2,50	2,48
		Факт		2,324	2,243	2,099	2,509	2,079
6	Производство окиси хрома металлургической							
6.1	Удельный расход электроэнергии	Норматив	кВтч/т	385	376	370	370	370
		Факт		350,3	351,4	342,9	347	367,6
6.2	Удельный расход тепла в паре	Норматив	Гкал/т	0,57	0,5	0,48	0,5	0,5
		Факт		0,329	0,448	0,479	0,5	0,472
6.3	Удельный расход газа	Норматив	м3/т	796	780	751	741	731
		Факт		749,23	728,17	718,7	705	721,13
7	Производство бихромата калия							
7.1	Удельный расход электроэнергии	Норматив	кВтч/т	1319	1241	1171	1148	1142
		Факт		1114,4	1102,1	1020,5	998	1042,0
7.2	Удельный расход тепла в паре	Норматив	Гкал/т	2,65	2,33	2,13	2,3	2,3
		Факт		1,678	2,141	2,25	1,919	2,379
8	Производство сульфата хрома							
8.1	Удельный расход электроэнергии	Норматив	кВтч/т	210	210	208	207	203
		Факт		197,4	200,25	178,6	177	172,89
		Норматив		0,81	0,81	0,81	0,86	0,88



1.4	Воздух	м3/т	6,450	16,481	10,910	3,098	4,134
2	Производство аммофоса						
2.1	Электроэнергия	кВтч	210,75	209,50	161,05	157,53	141,64
2.2	Вода грунтовая	м3/т	6,175	6,219	3,708	3,275	2,066
2.3	Топливо	тут/т	0,154	0,158	0,157	0,154	0,130
2.4	Пар	Гкал/т	0,449	0,433	0,287	0,250	0,187
2.5	Сжатый воздух	тыс. м3/т	0,622	0,653	0,575	0,590	0,471
3	Производство трикальцийфосфата						
3.1	Топливо	тут/т	0,670	0,672	0,683	0,677	0,717
3.2	Электроэнергия	кВтч/т	342,78	345,01	310,41	287,43	363,04
3.3	Пар	Гкал/т	0,382	0,385	0,401	0,434	0,700
3.4	Исходная вода	м3/т	9,63	8,37	7,42	7,51	10,03
3.5	Сжатый воздух	м3/т	844,87	868,99	938,20	1145,25	1560,05

Наиболее энергоемким является производство следующих неорганических соединений, предприятия по производству которых есть в Казахстане: аммиака, каустической соды, желтого фосфора. Поэтому при решении вопросов энергосбережения надо в первую очередь уделять внимание этим производствам. Основными решениями проблем энергосбережения на предприятиях химической промышленности являются:

- совершенствование существующих технологических процессов и оборудования;
- совершенствование мембранной технологии разделения жидких и газообразных сред;
- применение высокоэффективных адсорберов;
- использование ВЭР;
- широкое внедрение автоматизации технологических процессов.

Отличительной особенностью предприятий химической промышленности является то, что большое количество используемых энергоресурсов позволяет покрыть до 50 % собственных нужд по теплоэнергии. Для решения данной проблемы необходима разработка и реализация комбинированных энерготехнологических систем, органически связывающих энергетическую и теплоэнергетическую системы с целью обеспечения наиболее высокой экономической эффективности производства. [33]

### 3.2.4. Промышленность строительных материалов

Следует отметить, что промышленность строительных материалов также относится к наиболее энергоемким, материалоемким, а также грузоемким отраслям:

более 20 % в структуре затрат отрасли составляют топливно-энергетические ресурсы;

объем перевозок продукции и сырья разными видами транспорта составляет 30 % от общегосударственных грузоперевозок;

объем горных работ в отрасли превышает аналогичные объемы в черной и цветной металлургии.

Энергопотребление цементной промышленности зависит от используемого способа производства. В Казахстане используется "сухой" и "мокрый" способы производства цемента, причем большинство производителей цемента в настоящее время в Казахстане используют "мокрый" способ, себестоимость которого на 25 % превышает стоимость производства "сухим" способом. Более подробно описание основных этапов технологического процесса производства цемента описано в соответствующем отраслевом справочнике по НДТ "Производство цемента и извести".

При производстве цемента используется два типа энергии: топливо и электрическая энергия.

Теоретическое количество потребляемой тепловой энергии (топлива) для получения клинкера определяется энергией, необходимой для реакций минералообразования клинкера в процессе обжига (1700–1800 МДж/т клинкера), а также для сушки и подогрева сырьевых материалов в зависимости от их влажности. В современных печах с циклонными теплообменниками число циклонов может лимитироваться химическим составом сырьевых материалов.

Практика показывает, что удельный расход тепла на обжиг клинкера заводами, работающими по сухому способу с многоступенчатыми циклонными теплообменниками и декарбонизаторами, изменяется в диапазоне от 3 000 до 3 800 кДж/т клинкера (среднегодовая величина). Причинами разброса показателей являются:

стабильность производственного процесса (количество пусков–остановов технологических линий);

загруженность оборудования (зависит от ситуации на рынке строительных материалов);

различия в свойствах сырьевых материалов.

Главными потребителями электрической энергии являются мельницы (помол цемента и сырья), вытяжные вентиляторы и дымососы (печи, сырьевые и цементные мельницы), которые все вместе потребляют более 80 % электрической энергии. В среднем стоимость энергии – в форме топлива или электричества – составляет до 40 % от общей стоимости затрат на производство тонны цемента. Электрическая энергия достигает 20 % общей потребности в энергии. Величина потребляемой электрической энергии колеблется от 90 до 150 кВтч/т цемента.

Расход электроэнергии обусловлен также природой измельчаемого материала и особенностями процесса его измельчения. В некоторых случаях минимизация

энергопотребления может быть достигнута заменой старых сырьевых мельниц на новые. Следует отметить, что это не всегда возможно. Более того, сама возможность такой замены определяется применением соответствующей технологии измельчения с учетом экономических аспектов.

Поскольку для производства цемента используются различные виды топлива, то целесообразным будет рассмотреть удельный расход энергоносителей в условных единицах. При этом анализ проведен в срезе предприятий цементной отрасли, прошедших комплексный технический аудит (КТА).

На рисунках 3.1 и 3.2 наглядно показана динамика потребления и удельного расхода ТЭР по цементной отрасли за период 2015–2019 годов соответственно. Из анализа следует, что наблюдается относительно равномерное потребление ТЭР с небольшими скачками в 2016 и 2018 годах. Потребление ТЭР на единицу продукции снижается. Данное обстоятельство обусловлено увеличением объемов выпуска продукции при относительно равномерном потреблении ТЭР. Следовательно, на повышение энергоэффективности производства цемента влияет и степень загруженности производственных мощностей.

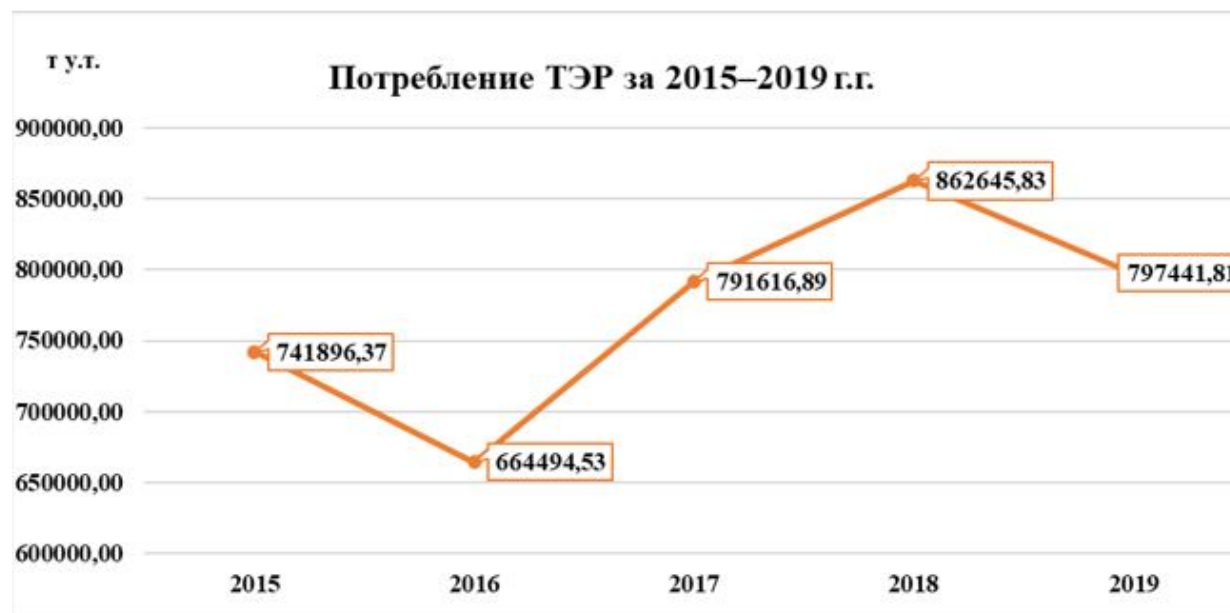


Рисунок 3.1. Потребление ТЭР цементной отраслью



Рисунок 3.2. Удельный расход ТЭР по цементной отрасли

Энергоемкость производства цемента в значительной мере зависит от применения в промышленности устаревших, ресурсозатратных технологий. До 40 % общей себестоимости производства цемента составляют затраты на энергию, из которых самым энергоемким процессом является отжиг клинкера – на него расходуется до 95 % всего топлива. При так называемом мокром способе производства удельный расход энергоресурсов на отжиг клинкера примерно в 1,5 раза выше, чем при сухом способе. Поэтому наиболее важным направлением энергосбережения в цементной промышленности является перевод цементных заводов с мокрого способа производства на сухой [36].

### 3.2.5. Энергетика: расходы электростанций и подстанций на собственные нужды

Нормативы по максимальной нагрузке собственных нужд электростанций в зависимости от типа предприятия приведены в таблице 3.8.

Нормативы расхода электроэнергии на собственные нужды энергоблоков конденсационных тепловых электростанций приведены в таблице 3.9.

По данным КТА [36], проведенным МЦЗТИП в 2018–2020 гг., фактические расходы электроэнергии на собственные нужды КЭС и ТЭС с учетом расходов, указанных в примечании (1–5) таблицы 3.2.5.1 и 3.2.5.2 меньше, чем нормативные значения. Исключение составляет Экибастузская ГРЭС-2, т.к. из-за незаконченного строительства предприятие несет расходы электроэнергии на собственные нужды по общестанционному оборудованию, а в работе всего два блока.

Таблица 3.8. Максимальная нагрузка собственных нужд (СН), в % от суммарной нагрузки

№ п/п	Станция	Максимальная нагрузка (СН), %	Факт, % [37]
1	2	3	4



1	Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ)		
1.1	пылеугольная	14	11,7–18,5
1.2	газотурбинная	12	10–15,2
2	Конденсационная электростанция (КЭС)		
2.1	пылеугольная	8	5–9
2.2	газотурбинная	5,7	4,6–6
3	Гидроэлектростанция (ГЭС)		
3.1	мощностью до 200 МВт	3–2	1–2,7
3.2	свыше 200 МВт	2–0,5	0,6–1,2
4	* Большие значения соответствуют меньшим единичным мощностям агрегатов		
4.1	Газотурбинная электростанция (ГТЭС)		
4.2	мощностью до 200 МВт	–	
4.3	свыше 200 МВт	1,7–0,6	
4.4	Газотурбинная электростанция (ГТЭС) с газодожимными компрессорами		
4.5	мощностью до 200 МВт		
4.6	свыше 200 МВт	5,1–6,0	

Примечание: в максимальной нагрузке собственных нужд (ЭСН<sub>max</sub>) не учитывать:

- 1) расход электроэнергии на водогрейную котельную, расположенную на территории электростанции;
- 2) расход электроэнергии на сетевые насосы и смесительные установки;
- 3) расход электроэнергии на конденсатные насосы пиковых бойлеров;
- 4) потери электроэнергии в повышающих трансформаторах и в станционной сети;
- 5) расход электроэнергии на хозяйственные и производственные нужды;
- 6) расход электроэнергии на перекачивающие насосные станции, расположенные в пределах и за пределами территории электростанции.

Таблица 3.9. Расход электроэнергии на собственные нужды энергоблоков конденсационных тепловых электростанций

№ п/п	т и п турбины	загрузка блока, %	Топливо				
			Каменный		бурый уголь	Газ	Мазут
			марки АШ	других марок			

1	2	3	4	5	6	7	8
1	К-160-130	100	6,8 (х)	6,5 (х)	6,6	4,9	5,2
2	К-200-130	70	7,3 (х)	7,1 (х)	7,1	5,3	5,6
3		100	6,8 (х)	6,1	6,8	4,6	5,7
4	К-300-240	70	7,3 (х)	6,7	7,3	5,1	6,1
5		100	4,4 (х)	3,7	4,2	2,4	2,6
6	К-500-240	70	4,9 (х)	6,5	4,7	2,8	3,0
7		100		5,14	3,7	-	

Нормативы расхода электроэнергии собственных нужд подстанций приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10. Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций

Наименование	Высшее напряжение, киловатт*				
	110	220	330	500	1150
1	2	3	4	5	6
Электроденергия, тыс. киловатт* час в год	до 1000	до 2000**	до 2200	до 3000	до 6000

\* расход электроэнергии на собственные нужды подстанции рассчитывать, как среднее значение по подстанциям соответствующего класса напряжения;

\*\* до 5000 тыс. киловатт\*час в год для преобразовательных подстанций, обеспечивающее электроснабжение электролизных производств.

Расходы электроэнергии на собственные нужды подстанций, находящиеся на ТЭЦ и КЭС, относятся на расход электроэнергии на собственные нужды по отпуску электрической энергии. Для подстанций, принадлежащих сетевым компаниям, Уполномоченный орган нормирует электрические потери, как субъектам естественной монополии. Значения расходов электроэнергии на собственные нужды подстанций, приведенные в таблице 3.10, носят индикативный характер; при защите тарифа на передачу электроэнергии расходы рассчитываются для каждой конкретной подстанции с учетом нагрузок и класса напряжения.

Существенной проблемой в энергетике Республики Казахстан является высокий удельный расход топлива, характерный для большинства казахстанских ТЭЦ, вынужденных часть времени работать в неэкономичном конденсационном режиме из-за отсутствия необходимых объемов тепловой нагрузки. Большие значения удельного расхода топлива на производство электрической и тепловой энергии в среднем по Казахстану вызваны в первую очередь износом оборудования, низким КПД и недостаточной пропускной способностью электротехнического оборудования (запертой тепловой мощностью) ТЭЦ [33].

По оценкам экспертов, проведение на электростанциях мало затратных мероприятий по оптимизации режимов работы энергетического оборудования, оптимизации числа пусков и остановов котельных агрегатов, с учетом прогнозирования тепловой нагрузки, позволяет достичь до 5–7 % снижения потребления топливных ресурсов.

При планировании государственных программ энергосбережения необходимо учитывать следующий эффект:

значительное снижение нагрузки при избытке мощностей угольной генерации может негативно повлиять не только на экономические показатели работы угольных

электростанций, но и на удельный расход топлива, так как снижение нагрузки сказывается на КПД станции;

работа основного оборудования с нагрузкой ниже номинальной влечет за собой, кроме этого, рост удельных выбросов загрязняющих веществ.

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

"Горизонтальный" подход к вопросам энергоэффективности во всех предприятиях, относящихся к объектам I категории по Экологическому кодексу, основан на том предположении, что энергия используется на любых установках; что в различных отраслях могут применяться одни и те же типы систем и оборудования. Поэтому общие подходы к обеспечению энергоэффективности могут быть выявлены вне зависимости от конкретного вида деятельности, а значит, возможно определить НДТ общего характера, включающие в себя наиболее эффективные меры по достижению высокого уровня энергоэффективности объекта I категории (установки) в целом (см. раздел 4.2).

НДТ общего характера (или технические решения, методы и приемы) можно условно разделить на две группы:

техники, которые могут применяться на уровне установки в целом для достижения максимальной энергоэффективности;

техники, которые могут применяться на уровнях ниже уровня установки: прежде всего, на уровне энергопотребляющих систем (например, систем обеспечения сжатым воздухом или паром) или отдельных (вспомогательных) видов деятельности (например, сжигания топлива для производства энергии на собственные нужды предприятия), а затем на уровне отдельных энергопотребляющих компонентов и единиц оборудования (например, двигателей).

В этих группах представлены как подходы к совершенствованию систем менеджмента, так и методы интеграции процессов, а также конкретные меры технологического характера. Однако в практической деятельности по оптимизации энергоэффективности все эти методы используются совместно и тесно взаимосвязаны друг с другом. Многие примеры комплексного подхода демонстрируют применение всех трех типов мер. Это осложняет четкое разграничение методов при их описании и делает границы между ними до некоторой степени условными.

В данном справочнике по НДТ рассматриваются преимущественно технические и управленческие решения, которые могут найти применение при реализации резервов повышения энергоэффективности на всех объектах I категории (общие техники и подходы). Определение резервов проводится на базе основных энергоемких отраслей Республики Казахстан (металлургия, производство цемента, энергетика, нефте- и газодобыча, нефтепереработка, неорганическая химия), однако некоторые конкретные секторные (отраслевые) техники приведены в разделе 5.3.

#### 4.1. Ключевые резервы энергосбережения и повышения энергетической эффективности установок и систем

Резервы повышения эффективности в промышленном комплексе Республики Казахстан можно условно разделить на несколько основных типов (рисунок 4.1). Каждый из представленных типов резервов энергосбережения можно проиллюстрировать реальными направлениями и примерами [38].

Управленческий:

соблюдение режимных карт (эффективный контроль технологических процессов);  
внедрение систем мониторинга и автоматической системы контроля и учета потребляемой объектом энергии (далее – АСКУЭ);

внедрение системы энергоменеджмента.

Резервы масштаба и топологии.

увеличение масштаба с одновременным повышением эффективности технологии;

учет коэффициента формы топочных камер;

совершенствование топологии систем.

Новые технологии ресурсоиспользования:

использования вторичных ресурсов как сырья (стеклобой, металлолом, клинкерная пыль);

замещение технологии "закачки в пласт" при нефтедобыче – резерв технологий нефтеизвлечения;

использование попутного газа и газоконденсата – резерв газоперерабатывающих технологий.

Термодинамические резервы:

снижение потерь конвекцией/излучением;

применение промышленных тепловых насосов;

повышение эффективности ТЭС – теплофикационные резервы.

Электротехнические/электротермические резервы:

частотное регулирование электроприводов насосов;

повышение эффективности электротермических установок;

нормализация показателей качества электрической энергии;

компенсация реактивной мощности предприятий и систем.

Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии (далее – НВИЭ):

получение тепловой энергии от НВИЭ;

получение электрической энергии от НВИЭ;

использование гибридных систем с НВИЭ.

Использование вторичных энергоресурсов (далее – ВЭР):

использование тепловых ВЭР;

использование химических ВЭР;

использование ВЭР избыточного давления;  
использование скрытой теплоты (внутренней энергии).

Новые источники энергии:

использование водорода (синтез-газа) как топлива;

использование топливных элементов;

использование ядерно-термических источников энергии.



Рисунок 4.1. Типы резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности промышленных установок и комплексов [38]

Резервы энергосбережения и повышения энергетической эффективности разного типа связаны как с общей суммарной энергоемкостью, так и с особенностями основных энерготехнологических процессов. Сравнительные параметры энергоемкости отраслей промышленности Республики Казахстан представлены на рисунке 4.1. Экспертные оценки резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности выполнены на основе отраслевых пропорций.

Предварительным этапом внедрения энергосберегающего мероприятия на любом объекте является обеспечение измерений потребляемых энергоресурсов, на экономию которых направлено само мероприятие, например, установка автоматической системы контроля и учета потребляемой объектом энергии (АСКУЭ). Само по себе это управленческое мероприятие не относится к числу энергосберегающих, так как не приводит к повышению энергетической эффективности инженерных систем. АСКУЭ лишь позволяет регистрировать объемы потребления энергоресурсов и фиксировать факт их снижения в результате внедрения мероприятий по их экономии.

### Сравнительная энергоёмкость отраслей промышленности РК (млн. т.ут)

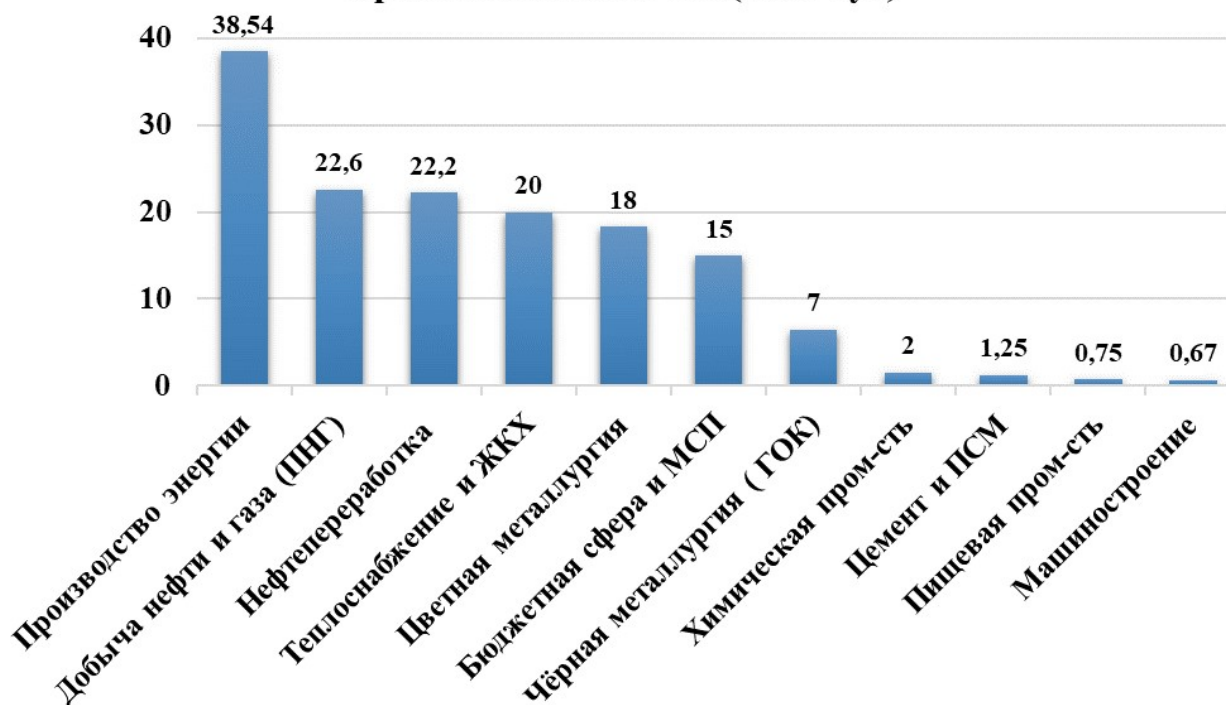


Рисунок 4.2. Сравнительная энергоёмкость отраслей РК [39]

Кроме того, контроль потребления энергоносителей позволяет оптимизировать их расход и, зачастую, снизить объем их потребления за счет организационных мероприятий. Вместе с тем отмечено, что внедрение АСКУЭ приводит к снижению непроизводительных потерь на ~0,5 %.

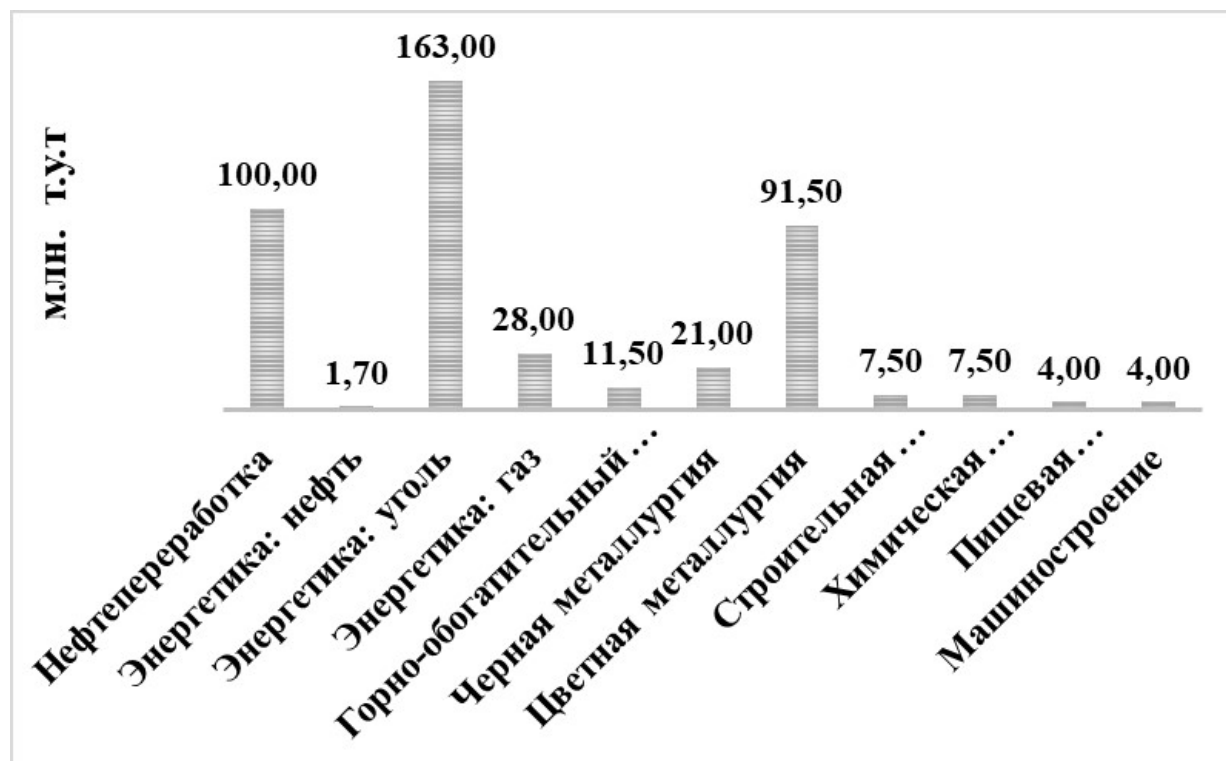


Рисунок 4.3. Резерв энергосбережения при внедрении АСКУЭ [39]

Малозатратным, также относящимся к управленческим, мероприятием по снижению непроизводительных потерь является внедрение на предприятии системы энергетического менеджмента (далее – СЭнМ). Как правило, организационный резерв энергосбережения может быть реализован в первые 2–3 года функционирования СЭнМ и составляет 2,5–3 % от общего энергопотребления.

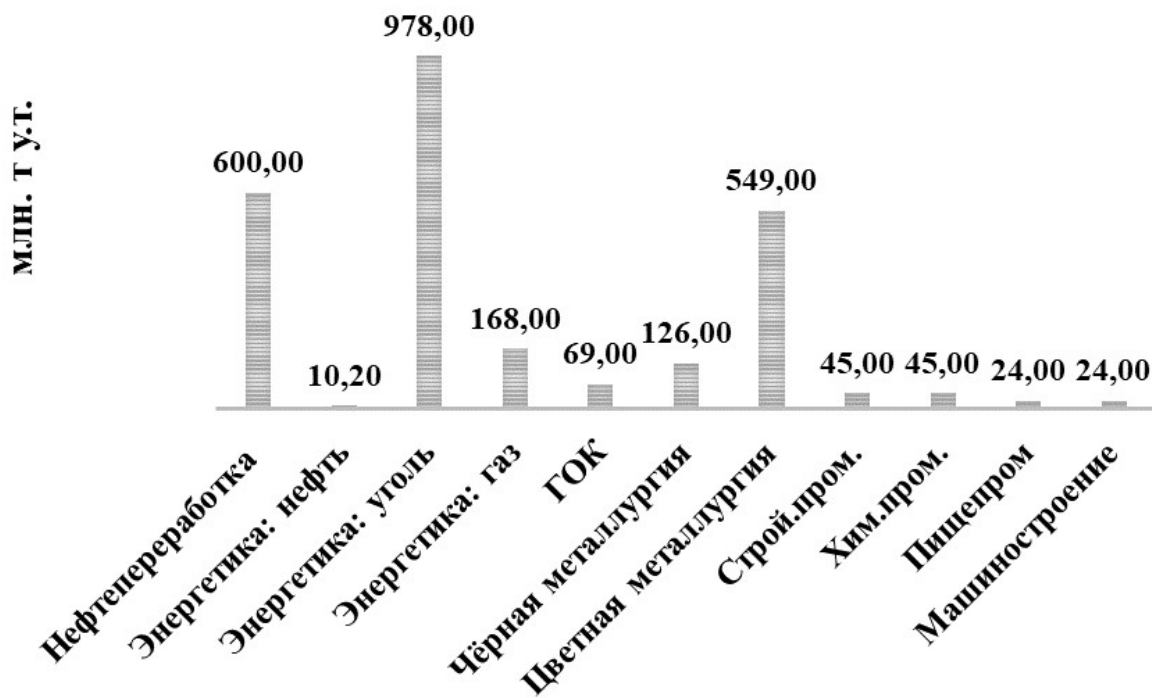


Рисунок 4.4. Резерв энергосбережения при внедрении системы энергоменеджмента [39]

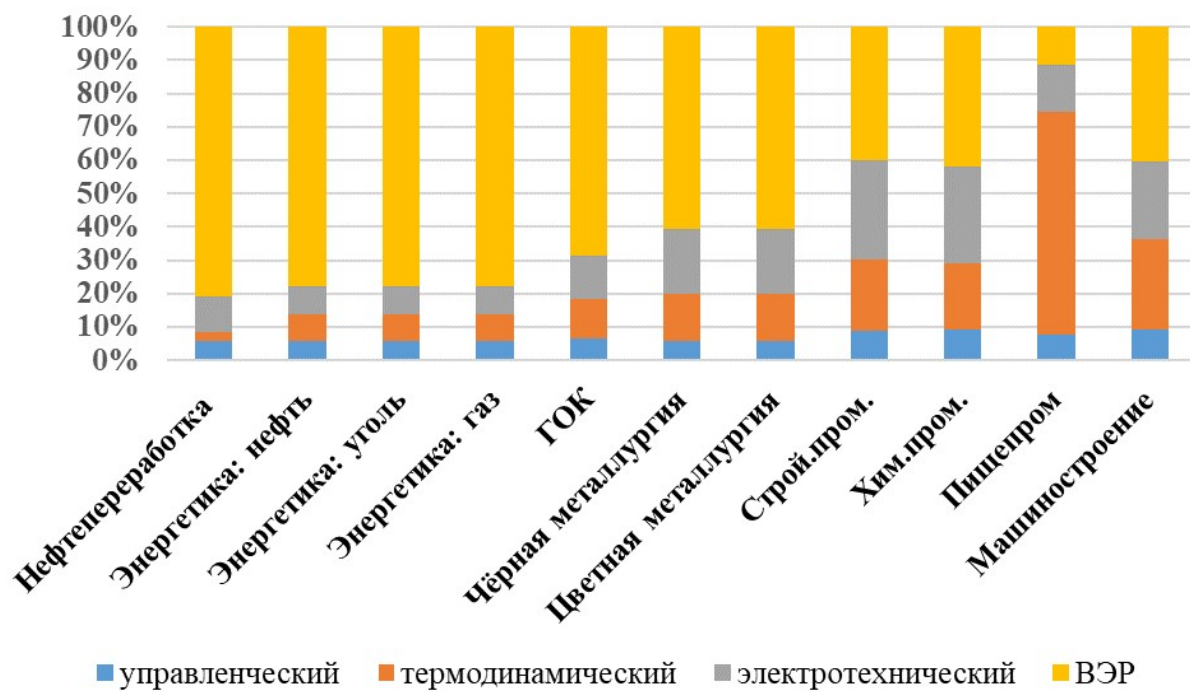


Рисунок 4.5. Оценка резервов энергосбережения для энергетических комплексов [39 ]

Внедрение достаточно новой на сегодня технологии ресурсоиспользования, так называемой обратной закачки в пласт газа вместо "заводнения" – один из способов поддержания пластового давления на нефтяных месторождениях – позволяет решить сразу две задачи: обеспечить рациональную утилизацию попутного нефтяного газа непосредственно на месторождении и поддержать уровень добычи нефти. Так, например, около 40 % от добываемого газового конденсата (19 млн т/год) и попутного газа (37,7 млн т/год) используется на сегодня при нефтедобыче для поддержания пластового давления. Данный вид ресурсоиспользования относится к резерву новых технологий и составляет около ~22,6 млн т/год.

Установка систем управления частотой вращения асинхронных двигателей - частотного регулирования привода (далее – ЧРП) и устройств плавного пуска двигателей относится к решениям, позволяющим увеличить использование электротехнических резервов. По использованию в самых разных отраслях асинхронный двигатель является самым массовым. Около половины всей потребляемой двигателями электрической энергии в мире приходится именно на них (Рисунок 4.6), при этом свыше 90 % от ее потребления приходится на асинхронные двигатели мощностью от 1 до 100 кВт [40].





Рисунок 4.6. Распределение асинхронных двигателей в наиболее распространенных механизмах [40]

Применение двигателей с частотно-регулируемым приводом (далее – 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 %, при этом срок окупаемости двигателей с ЧРП может составлять от 5 месяцев. Внедрение систем частотного регулирования, например, в приводах электродвигателей насосных станциях водоснабжения дает экономию электроэнергии 40–70 %, на насосных станциях дополнительно по теплу 20 %, по воде 15–20 %; окупаемость составляет 3–18 месяцев.

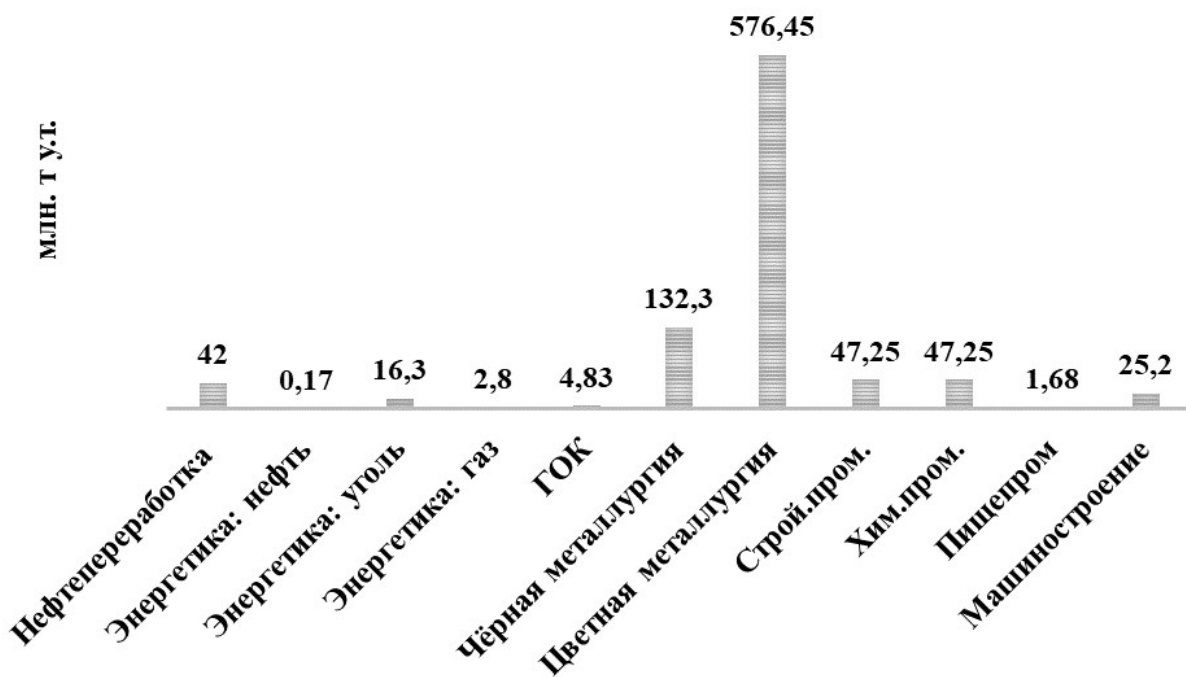


Рисунок 4.7. Резерв энергосбережения при установке систем управления частотой вращения асинхронных двигателей [39]

Применение установок компенсации реактивной мощности (далее – УКРМ) и устройств нормализации показателей качества электрической энергии служит одним из способов использования видов электроустановочного оборудования, снижающим значения полной потребляемой мощности и позволяющим, таким образом, использовать электротехнические ресурсы. В зависимости от природы реактивной мощности компенсация может быть, как индуктивного характера (индуктивный реактор), так и емкостного (батареи конденсаторов).

Установка УКРМ позволяет:

разгрузить от реактивного тока распределительные сети (распределительные устройства, кабельные и воздушные линии), трансформаторы и генераторы;

снизить потери мощности и падение напряжения в элементах систем электроснабжения;

сократить расходы на электроэнергию;

ограничить влияние высших гармоник и сетевых помех;

уменьшить асимметрию фаз (косвенно).

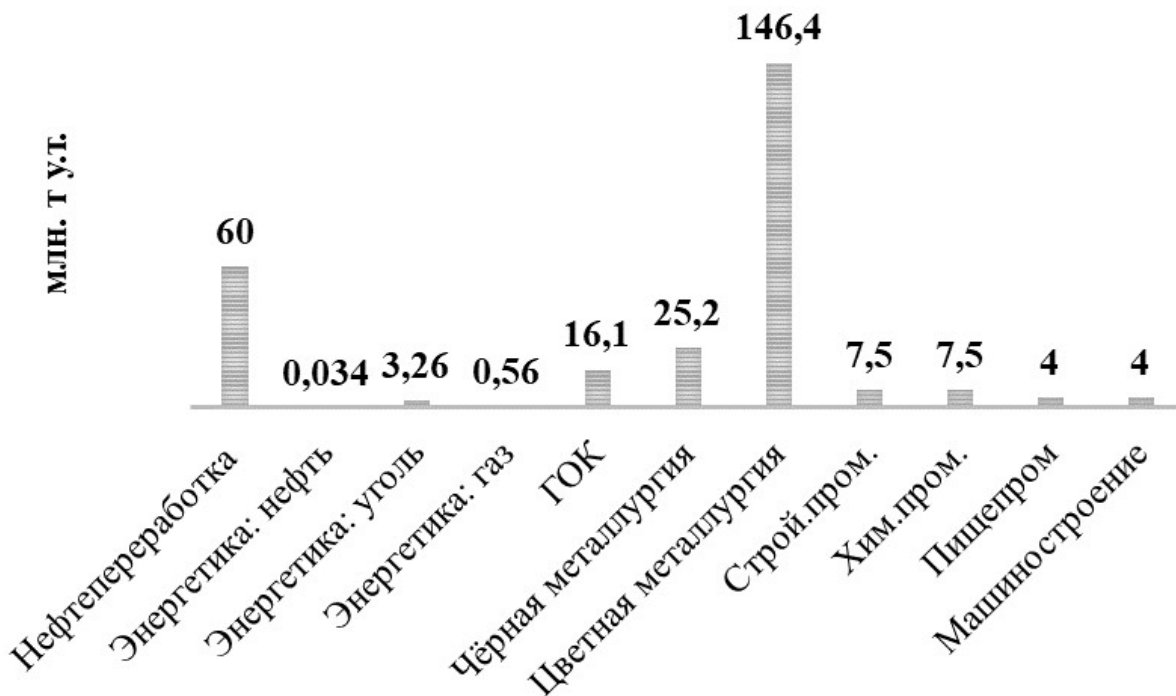


Рисунок 4.8. Резерв энергосбережения при установке устройств компенсации реактивной мощности и устройств нормализации показателей качества электрической энергии [39]

Модернизация электротермического оборудования. Около 15 % всей электрической энергии потребляется в разнообразных электронагревателях от самых мощных, до электрообогрева жилых помещений. На отдельных предприятиях металлургической промышленности электротермические установки потребляют до 80 % энергии. Наиболее распространенными являются электрические печи сопротивления (далее – ЭПС), с нагревом за счет выделения тепловой энергии в сопротивлении при протекании через него электрического тока.

Сбережение электроэнергии в таких печах осуществляется за счет:

выравнивания нагрузки в режимах плавки. Чем больше неравномерность загрузки, тем большую мощность потребляет печь;

эксплуатации печи при постоянной температуре (не давать остывать). Наибольшая экономия достигается при постоянном использовании печи;

снижения потерь тепловой энергии через утепление внешнего контура агрегата. Суммарные потери со стен, днища и свода могут составлять в пределах 12–15 %;

снижения потерь тепловой энергии через излучение. Даже окраска кожуха печи алюминиевой краской снижает потери тепловой энергии на 2–3 %;

соблюдение паспортных требований для печи ПКЭ.

Вторыми по распространенности являются дуговые печи. Плавка происходит за счет энергии электрических разрядов, поступающих из электродов в подготовленный для плавки материал. Мощность одной печи может достигать 100 МВт. Особенности

печи являются крайне неравномерный график потребления мощности при плавке и генерация в сеть высших гармонических составляющих тока. К энергосберегающим мероприятиям относятся все мероприятия для ЭПС, а также:

правильный выбор электрического режима работы печи: ступеней напряжения трансформатора и тока дуги. Желательна установка быстродействующей автоматики;

оптимальная укладка шихты в загрузочную корзину, подбор шихты по составу и размерам;

использование тепла уходящих газов для предварительного подогрева поступающего воздуха. С печными газами уходит 15–17 % тепловой энергии в режиме закачки кислорода и 2–4 % без такового режима;

повышение коэффициента мощности и ПКЭ через использование конденсаторных батарей, реакторов, фильтров высших гармонических составляющих тока и напряжения;

эксплуатация печи с закрытыми смотровыми дверцами (в противном случае потери 2,5–3,0 %);

использование тепла охлаждающей воды (потери 3–7 %);

снижение потерь в электрических элементах печи (потери 8–10 %).

Индукционные печи основаны на выделении тепла при взаимодействии переменного электромагнитного поля с проводящими электрический ток материалами. Печи обладают высокой скоростью нагрева и подразделяются на установки промышленной частоты (50 Гц), средней частоты (50–10 000 Гц) и высокой частоты (свыше 10 кГц). Нагрев происходит за счет изменения частоты питающего напряжения, поэтому такие печи всегда оснащены преобразователями частоты, сильно греющимися во время работы. Для согласования напряжения преобразователя с требуемым напряжением индуктора используются специальные трансформаторы, также обладающие потерями холостого хода и потерями от рабочего тока. Поэтому к упомянутым ранее энергосберегающим мероприятиям относится также использование современных преобразователей частоты с минимальными тепловыделениями.

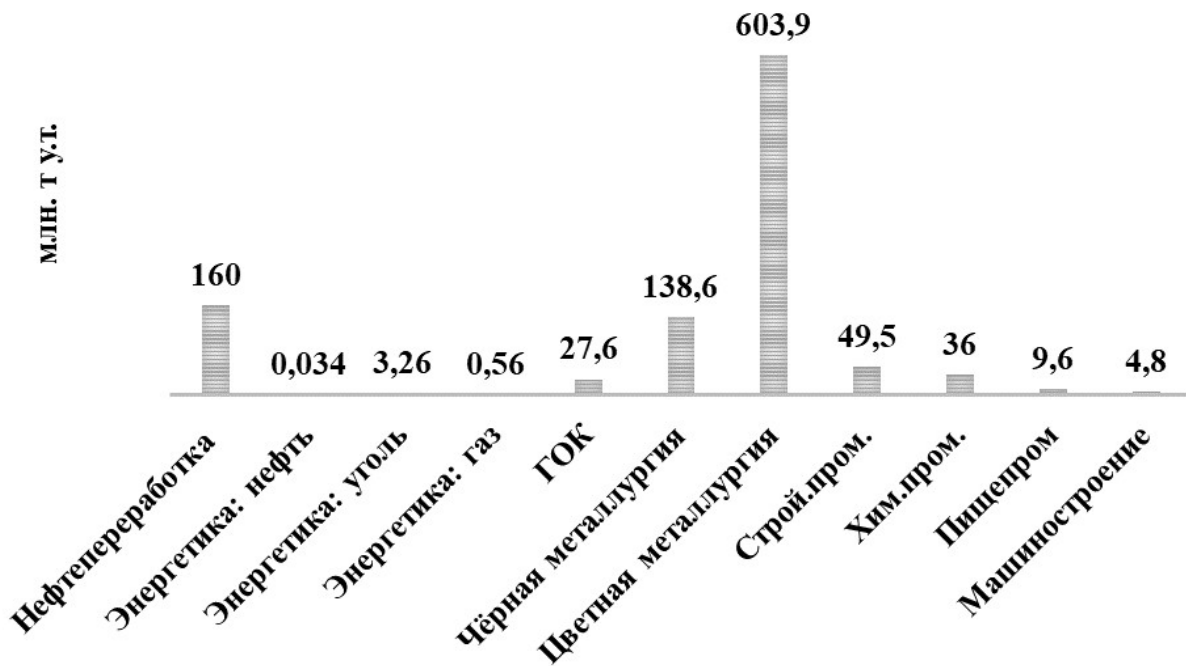


Рисунок 4.9. Резерв энергосбережения при модернизации электроотермического оборудования [39]

Применение энергоэффективных источников света и автоматизация систем электрического освещения. Энергоэффективными принято считать источники света (далее – ИС) с меньшим, по сравнению с люминесцентными, потреблением электрической энергии. К ним относятся галогеновые и светодиодные ИС (табл. 4.1, табл. 4.2).

Одним из направлений развития галогенных ламп являются IRC –галогенные лампы. Сокращение IRC обозначает наличие покрытия, пропускающего видимый свет, и задерживающего инфракрасное (тепловое) излучение, отражая его назад, к спирали.

Таблица 4.1. Источники света и их средняя световая отдача [41]

№ п/п	Источник света	Световая отдача ИС, лм/Вт
1	2	3
1	ЛН	10–15
2	IRC-галогенные ИС	18–35
3	Люминесцентные источники света (далее – ЛЛ)	70–90
4	Компактные люминесцентные источники света (далее –КЛЛ)	70–80
5	Светодиодные светильники (далее – СДС)	70–140
6	Дуговые ртутные ИС высокого давления (далее – ДРЛ)	100–120

7	Дуговые натриевые ИС высокого давления (далее – ДНаТ)	120–150
---	---	---------

Таблица 4.2. Усредненные значения по снижению потребляемой электрической энергии при замене источников света [41]

№ п/п	Мероприятие	Экономия электрической энергии, %
1	2	3
1	Переход: от ЛН на IRC-галогенные ИС	54–65
2	ЛН на ЛЛ	40–54
3	ЛН-100–00 на ЛЛ типа ЛБ-40- –	≈40
4	ЛЛ типа ЛБ-40 или ЛБ-80 на ЛТБЦ-36 или ЛТБЦ-36	≈13
5	от ЛН на КЛЛ	70–75
6	от ЛН на СДС	80–90
7	от ЛН на ДРЛ	41–47
8	ЛН на ДНаТ	57–71
9	ЛН-100–1000 на ДНаТ-250–400	≈70
10	ЛН-100–1000 на ДНаТ-25–400	≈57
11	ЛН-100–1000 на ДНаТ-50–100	≈62
12	ЛН-100–500 на ДНаТ-50–100	≈46
13	ДРЛ-250–1000 на ДРИ-250–1000	≈32
14	ДРЛ-250 на ДРИ 125 или ДРИ-175	≈12
15	ДРЛ-80 или ДРЛ-125 на ДРИ-125 или ДРИ-175	≈29
16	ДРЛ-250 или ДРЛ-400 на ЛЛ типа ЛЮ-40 или ЛБ-36	≈7
17	ДРЛ-250- 1000 на ДНаТ-250- 400	≈43
18	ДРЛ-80 или ДРЛ-125 на ДНаТ-50 или ДНаТ-100	≈38
19	ДРЛ-250 на ДНаТ-100	≈50
20	от ламп ДРЛ на лампы ДНаТ	38–50
21	Снижение коэффициента запаса осветительной установки	20–30

По сроку окупаемости замена ИС на более энергоэффективные обычно может быть отнесено к долгосрочным (свыше 5 лет). При этом замена ламп накаливания (далее – ЛН) на максимально энергоэффективные люминесцентные лампы (далее – ЛЛ) снижает потребление в 5 раз, светодиодных светильников – в 8 раз; окупаемость 9–15 мес. При замене люминесцентных источников света на светодиодные с одновременным использованием системы датчиков срок окупаемости может оцениваться в диапазоне от 5 до 9 лет.

Автоматизация систем электрического освещения позволяет обеспечивать автоматическое управление (включение/выключение, диммирование, дистанционное управление по времени и др.) светильников группами или рядами по мере изменения естественной освещенности помещений, а также осуществлять рациональное размещение, секционирование, зонирование и пр.

Для достижения наибольшей энергетической эффективности рекомендуется использование автоматического управления освещением с помощью фотоэлектрических датчиков, диммеров, таймеров, датчиков движения, освещенности и др., включающих группы светильников в зависимости от изменения естественной освещенности.

Таблица 4.3. Мероприятия по энергосбережению в осветительных сетях [41]

№ п/п	Мероприятие	Экономия электрической энергии, %
1	2	3
1	Использование локального освещения в зависимости от доли вспомогательной площади помещения	до 40
2	Использование комбинированной системы освещения в зависимости от сложности зрительных задач	15–50
3	Применение интеллектуальных цифровых схем управления в энергосберегающем варианте (современные ИС, ОП, ПРА) в зависимости от времени эксплуатации в течение суток	40–70

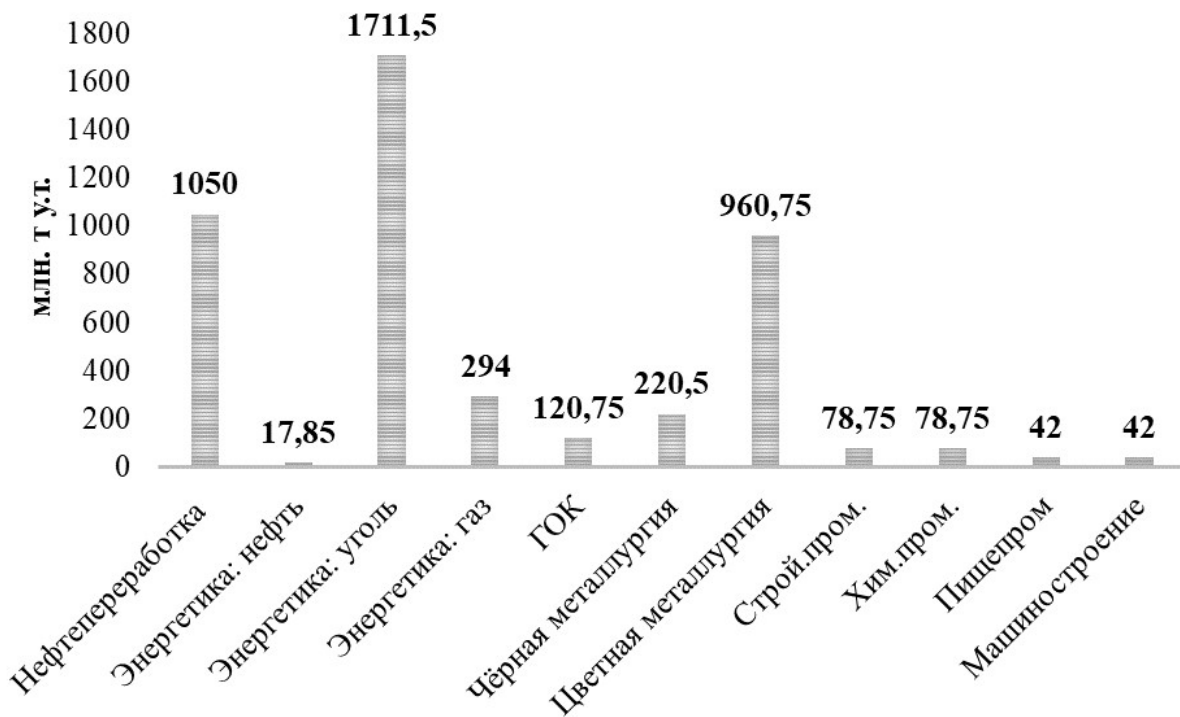


Рисунок 4.10. Резерв энергосбережения при модернизации систем освещения [39]  
 Структура резервов энергосбережения для участков энергосистем и энергетических комплексов масштабом представлена на рисунке 4.11.

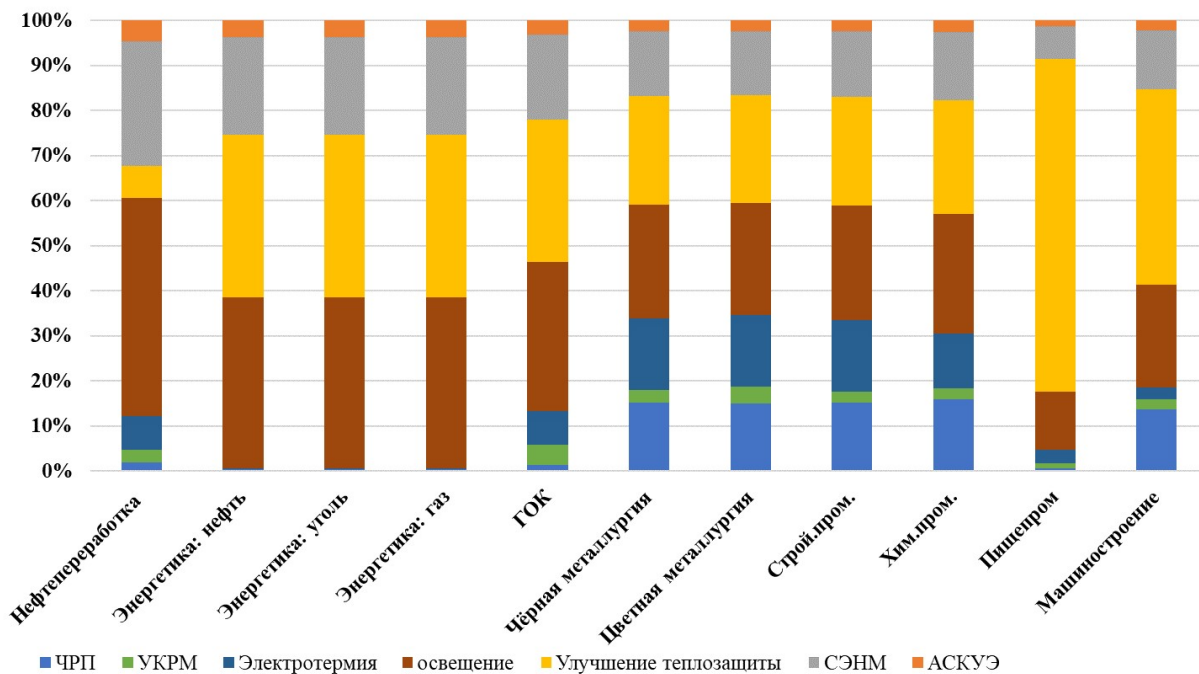


Рисунок 4.11. Структура резервов энергосбережения [39]

Таблица 4.4. Резервы повышения энергоэффективности сектора производства электроэнергии РК [39]

--	--	--	--	--	--



№	НДТ	Экономия топлива тыс.тут	Экономия электроэнергии, млнкВтч	Дополнительная выработка электроэнергии, млнкВтч	Экономия затрат, млнтенге
1	2	3	4	5	6
1	Оптимизация режимов работы КЭС	690			4 140
2	Оптимизация режимов работы ТЭЦ	1 690			10 140
3	Замена поверхностных ПНД на смешивающие	67			402
4	Работа на пониженном давлении отборов "Т"			120	840
5	Замена электропривода ПЭН на турбинный		1 000		7 000
6	Использование ИУ для подготовки воды			800	3 000
7	Перевод ПВД на работу от пара коллектора 1–16 кг/см <sup>2</sup>	-200		700	3 700
8	Реконструкция ТА К500-240			700	7 900
9	Реконструкция ТА ПТ-80-130/13			1 000	7 000
10	Реконструкция ТА Т-100-130			1 000	7 000
11	Установка ТА "мягого пара"			1 000	7 000
12	Применение ультратонкого помола угля	34			204
13	Применение сотовых уплотнений	25			150
14	Применение гидрофобных				630

	покрытый насосов		90		
15	Система автоматизации процессов горения	30			210
16	Применение ЧРП на электроприводах		245		1 715
17	Реконструкция КВТК-100	9			54
	ИТОГО	2 345	1 335	5 320	61 085

Таблица 4.5. Технологии реализации резервов повышения энергетической эффективности в отраслях промышленности РК [39]

№ п/п	Отрасли подотрасли, производства)	Организационные (меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические и энерготехнологические приемы	Модернизация технологии Использование отходов
-------	-----------------------------------	---	--	--

1	2	3	4	5
1	Черная металлургия	<p>Внедрение систем автоматизации на печах с горячим дутьем.</p> <p>Автоматизированные системы контроля и управления технологическими процессами, мониторинга, целеполагания.</p> <p>Внедрение системы экологического и энергетического менеджмента.</p>	<p>Технологии, направленные на снижение выбросов (отбойные перегородки в башне тушение кокса, сухое тушение кокса.</p> <p>Технология предварительного нагрева вторичного воздуха с повышением объемов использования кислорода.</p> <p>Предварительный нагрев сталеразливочных ковшей.</p> <p>Технологии утилизации вторичной теплоэнергии, доменного газа.</p> <p>Применение рекуперативных горелок.</p>	<p>Сбор, очистка и буферизация кислородно-конвертерного газа для последующего использования в качестве топлива.</p> <p>Оптимизация использования технологического газа.</p> <p>Модернизация вентиляторов подачи воздуха на горение в воздухоподогреватели доменных печей.</p> <p>Внедрение станции управления вентиляторами прямолинейного охладителя агломерационных машин.</p> <p>Замена осушителей сжатого воздуха на осушители с</p>

			Горячая загрузка и теплоизоляция печей для горячей прокатки. Сокращение выбросов недожога коксовой печи.	вакуумной регенерацией. Замена вентиляторов горна агломерационных машин.
2	Нефте-перерабатывающая	<p>Внедрение автоматизированной системы мониторинга.</p> <p>Внедрение и поддержание системы экологического менеджмента (далее – СЭМ), соответствующей требованиям СТ РК ISO 14001-2016 (001).</p> <p>Внедрение и поддержание системы энергетического менеджмента (СЭнМ), соответствующей требованиям СТ РК ISO 50001-2019 (002).</p> <p>Системы управления и контроля за эксплуатацией резервуаров, обнаружения утечек и переливов.</p>	<p>Системы улавливания сбросов газовых сред от предохранительных клапанов и направление их в факельные системы или в систему утилизации для выработки вторичной энергии.</p> <p>Использование блоков осушки ВСГ и сырья процессов изомеризации и гидрогенизационных процессов с периодическим переключением на регенерацию.</p> <p>Замкнутая арретирующая система продувки для сброса давления с коксового барабана на установках коксования.</p>	<p>Повторное использование воды для обессоливания с целью снижения гидравлической нагрузки на установках для очистки воды НПЗ и уменьшения объемов потребляемой воды.</p> <p>Рекуперация коксового газа отдувки и использование его в качестве топливного газа НПЗ.</p> <p>Использование блоков осушки ВСГ и сырья процессов изомеризации и гидрогенизационных процессов с периодическим переключением на регенерацию</p> <p>Системы улавливания сбросов газовых сред от предохранительных клапанов и направлением их в факельные системы или в систему утилизации для выработки вторичной энергии</p> <p>Использование в качестве топлива природного газа, очистка топливного газа НПЗ (например, на установке удаления кислых газов для удаления</p>

				Н <sub>2</sub> S), использование газа вместо жидкого топлива.
3	Химическая промышленность	Внедрение автоматического учета	Внедрение частотных регуляторов дробилки, мешалки, вентиляторы, барабаны, конвейеры). Использование современных топочно-горелочны х устройств с современной системой КИПиА, обеспечивающих постоянный температурный контроль полноты сжигания топлива. Установка турбины мятого пара с противодавлением.	Утилизация теплоэнергии уходящих газов ППР-600. Утилизация теплоэнергии " " хвостовых" газов п о с л е турбодетандера. Реконструкция компрессора воздуха при увеличении производительности (модернизация проточной части). Замена МЭА (далее – моноэтаноламин) - раствора абсорбентом на основе МДЭА ( " метилдиэтаноламин ). Установка выделения водорода из продувочных и танковых газов производства аммиака.
4	Цветная металлургия	Технологии радиометрической сортировки руд.	Технологии автогенных процессов при переработке сульфидных руд: плавка в жидкой ванне; взвешенная плавка; кислородно-факель ная плавка; кислородно-взвеше н н а я циклонно-электрот емическая плавка. Технологии в печах "кипящего слоя"	Технологии использования вторичных цветных металлов. Технология предварительного обогащения полиметаллических руд в тяжелых средах. Добыча руды с применением циклично-поточной технологии.

Таблица 4.6. Основные направления реализации резервов энергосбережения и их результативность РК [39]

№ п/п	Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
1	2	3	4
1	Черная металлургия	<p>Разработанные на основании итогов аудита мероприятия направлены в черной металлургии на энергосбережение и повышение энергетической эффективности топливо-использующих агрегатов и системы топливоснабжения, на повышение эффективности работы системы электроснабжения.</p>	<p>Внедрение предполагаемых мероприятий позволят получить эффекты по следующим параметрам: снижение выбросов оксидов азота (NOX); снижение неорганизованных выбросов пыли, твердых частиц; снижение потребления первичной энергии за счет оптимизации потоков энергии; уменьшение затрат на топливо; снижение содержание серы в коксовом газе.</p>
		<p>На сегодняшний день идет модернизация</p>	<p>наращивание проектной мощности завода по переработке нефти с 5,25 до 6 млн тонн в год, а также увеличение производства светлых нефтепродуктов для обеспечения потребностей казахстанского рынка; увеличение глубины переработки нефти; улучшение качества выпуска моторных топлив экологических классов К-4, К-5 согласно требованиям Технического регламента Таможенного союза; повышение качества экологической безопасности производства.</p> <p>Планируемый эффект от внедрения наилучших доступных технологий: снижения эмиссий в атмосферу оксидов азота (NOx);</p>

2	Переработка нефти	<p>оборудования и реконструкция производства крупнейших компаний переработки нефти.</p>	<p>снижение выбросов SO<sub>2</sub> (на 31 %);  рациональное использование водных ресурсов;  снижение расхода топлива (на 6 %);  снижение загрязнения сточных вод (порядка на 40 %);  снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (20 %)  сокращение металлоемкости установки, расхода материалов, реагентов, энергоресурсов и эксплуатационных расходы.  снижение выбросов полихлорированных дибензо-пара-диоксинов (далее – ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (далее – ПХДФ) в атмосферу от установок каталитического риформинга.</p>
3	Химическая промышленность	<p>Отличительной особенностью предприятий химической промышленности является то, что большое количество используемых энергоресурсов позволяет покрыть до 50 % собственных нужд в теплоэнергии. Для решения данной проблемы необходима разработка и реализация комбинированных энерготехнологических систем, органически связывающих энергетическую и теплоэнергетическую системы с целью обеспечения наиболее</p>	<p>Ожидаемые эффекты от внедрения НДТ:  повышение энергоэффективности, оптимизацию и</p>

		высокой экономической эффективности производства.	сокращение ресурсопотребления.
4	Энергетика	У большинства станций Казахстана основным видом топлива является уголь. В Казахстане модернизация по замене электропривода питательных насосов на паротурбинный проводилась только на одной станции.	Мероприятия НДТ направлены на повышение экологической и энергетической эффективности путем снижения вредного воздействия на окружающую среду и экономии топлива. При использовании оптимизации схем регенерации конденсационных блоков, за счет замены поверхностных подогревателей на подогреватели низкого давления смешивающего типа экономия может достигать порядка 6,7 тыс. т угля, в денежном выражении 27 млн тенге на один блок. При замене электропривода питательных насосов на паротурбинный выручка может повыситься на 800–1440 млн тенге. Использование испарительной установки для подготовки воды даст экономический эффект порядка 3 млрд тенге. При установке турбин "мятого пара" можно добиться экономии топлива порядка 140 тыс.т.тут или 770 млнтенге.

## 4.2. Управленческие решения по повышению энергоэффективности

### 4.2.1. Эффективный контроль технологических процессов

Улучшение энергетической результативности предполагает постоянный контроль за работой оборудования, входящего в список значимых энергопотребителей. Операционный контроль представляет собой определение и планирование деятельности по техническому обслуживанию оборудования и установок, связанных со значительным потреблением энергии. Для этого в отношении такого оборудования определяются критерии его эффективной эксплуатации (операционные параметры) и

поддержания в рабочем состоянии, в то время как их отсутствие или несоблюдение может привести к потерям энергии и отклонениям от планируемой энергорезультативности.

Эффективный контроль технологических процессов подразумевает:

контроль технологических процессов на всех этапах и во всех режимах, включая подготовительные операции, запуск, штатную эксплуатацию, остановку, а также работу в нештатных условиях;

выявление ключевых показателей результативности в сфере энергоэффективности, а также методов, позволяющих измерять и контролировать эти параметры (например, массовый расход, давление, температура, состав и количество);

документирование и анализ нештатных ситуаций и условий с целью выявления и последующего устранения их глубинных причин для предотвращения повторения подобных ситуаций в будущем (этому может способствовать производственная культура на предприятии, не носящая "обвинительного" характера, в условиях которой выявление причин нештатной ситуации является более важным, чем "назначение" конкретных виновников).

Метод состоит в идентификации перечня и величины параметров технологического процесса, а также процедур операционного контроля в отношении сооружений, систем и оборудования, относящихся к значимым энергопотребителям, и обеспечению соответствующего контроля.

Как правило, перечень и критические значения операционных параметров оборудования определены в соответствующих технологических картах. Однако практика показывает, что задача снижения энергопотребления приведет к усилению контроля соблюдения режимных карт и зачастую они требуют пересмотра как по перечню отслеживаемых показателей, так и по их предельно-допустимым значениям для того, чтобы уменьшить энергопотребление без ущерба для технологического процесса и качества продукции и корректировка технологических параметров для уменьшения энергопотребления.

Другое направление деятельности по контролю – поддержание зданий, процессов, систем и оборудования в рабочем состоянии, что требует четкого формирования процедур и планов технического обслуживания, инвентаризации действующих в настоящее время процедур по техническому обслуживанию и инспекции оборудования, соответствующего обучения персонала.

Необходимо выявлять возможные причины снижения энергоэффективности и возможности ее повышения на основе результатов планового технического обслуживания, информации по отказам и случаям нештатного функционирования оборудования, а также четкое распределение ответственности за планирование и осуществление технического обслуживания. Например, распространенной проблемой является нарушение расчетного режима работы теплообменного оборудования из-за



отложений, вызванное высоким содержанием в воде солей жесткости и продуктов коррозии. При этом снижается коэффициент теплопередачи, а значит, расчетная тепловая нагрузка обеспечивается только при повышенном расходе греющей сетевой воды. Циркуляция увеличенного расхода теплоносителя вызывает рост тепловых потерь. То же относится и к любым другим теплопередающим поверхностям технологических аппаратов. Поэтому необходимо регулярно проводить чистку загрязненных поверхностей. Своевременное удаление отложений с поверхностей важно и для систем трубопроводов.

Осуществление эффективного контроля за технологическими процессами важно и с точки зрения обеспечения качества продукции. Отправка продукции в брак или на доработку эквивалентна непроизводительному расходу энергии, затраченной на ее производство (а также расходу сырья, трудовых ресурсов, производственных мощностей и прочих ресурсов). Нередко доработка бракованной продукции требует большего количества энергии (и других ресурсов), чем ее первоначальное производство. Эффективный контроль производственных процессов позволяет увеличить выход продукции, отвечающей установленным спецификациям или требованиям потребителей, и снизить непроизводительные энергозатраты. Как правило, объекты I категории отличаются значительными масштабами производственной деятельности и/или объемами выпуска продукции. Эта продукция должна отвечать установленным спецификациям для последующего использования. С целью обеспечения этого соответствия на предприятиях внедряются системы обеспечения качества.

Все эти элементы эффективного контроля являются частями общей системы менеджмента. Ключевым элементом обеспечения энергоэффективности являются подходы, направленные на создание соответствующей системы менеджмента. Принципы разработки и внедрения таких систем проиллюстрированы на примере внедрения систем энергоменеджмента, приведенного в главе 4.2.3.

Предлагаемые техники (инструменты) ниже.

#### **4.2.1.1. Автоматизированные системы управления технологическими процессами**

##### **Описание**

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (далее – АСУ ТП), используемые как для основных, так и для вспомогательных процессов, играют важную роль в управлении энергоэффективностью установки. АСУ ТП является составной частью общей системы мониторинга.

Автоматизация производственного предприятия подразумевает разработку и внедрение автоматизированной системы, в состав которой входят датчики, контроллеры, компьютеры, а также организацию обработки данных. Широко признано,

что автоматизация производственных процессов позволяет не только повысить качество продукции и уровень производственной безопасности, но и улучшить общую эффективность производственного процесса, включая энергоэффективность.

В современных АСУ ТП для этих целей используется ряд подходов, включая: традиционные и более сложные методы регулирования;

методы оптимизации и планирования процессов, а также управления их результативностью.

### **Техническое описание**

Центральным элементом АСУ ТП является программируемый логический контроллер (далее – ПЛК), представляющий собой небольшой компьютер, предназначенный для надежной эксплуатации в условиях промышленного производства. Помимо ПЛК, элементами системы являются разнообразные датчики, исполнительные устройства, а также централизованная система диспетчерского контроля и сбора данных (т.н. SCADA-система).

Все эти компоненты соединяются друг с другом и с производственным оборудованием, что позволяет управлять всеми функциями последнего с высокой степенью точности.

ПЛК получает входные данные с цифровых и аналоговых датчиков и переключателей, производит вычисления на основе заложенной в него программы и, используя результаты вычислений, управляет различными исполнительными устройствами – клапанами, реле, серводвигателями и т.п., подавая на них выходные данные. Управление осуществляется во временном масштабе миллисекунд.

ПЛК способен обмениваться информацией с оператором через панели управления, осуществляемого операторами, а также с SCADA-системами, установленными на производстве. Обмен данными с бизнес-уровнем предприятия (корпоративные информационные системы, финансовый учет и планирование), как правило, требует отдельного SCADA-пакета.

### **Методы регулирования**

К традиционным методам регулирования относятся, в частности: пропорционально-интегрально-дифференциальное (далее – ПИД) регулирование; компенсация запаздывания; каскадное регулирование.

К более сложным методам регулирования относятся, в частности: упреждающее регулирование, основанное на моделях; адаптивное регулирование; нечеткое регулирование.

### **Обработка данных**

Данные о состоянии технологического процесса собираются и обрабатываются интегрированной системой, включающей датчики и контрольно-измерительные

приборы, исполнительные устройства, например, клапаны, а также программируемые логические контроллеры, SCADA-системы и распределенные системы управления. Все эти системы в совокупности способны своевременно обеспечивать необходимой информацией другие вычислительные системы, а также операторов и инженеров.

Системы диспетчерского контроля и сбора данных (далее – SCADA) позволяют инженеру, проектирующему АСУ ТП, организовать сбор и архивирование данных системы. Кроме того, SCADA-системы позволяют использовать более сложные методы управления, например, статистический контроль.

SCADA-система является неотъемлемой частью АСУ ТП, позволяя пользователю отслеживать параметры технологического процесса в реальном времени. Кроме того, SCADA-система может быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечить удаленному пользователю тот же уровень доступа к информации о процессе, что и оператору, находящемуся непосредственно в производственных помещениях.

#### **Техническое обслуживание: очистка датчиков**

Невозможно переоценить важность точности измерений и, как следствие, состояния датчиков, используемых в АСУ ТП. Существует множество разновидностей контрольно-измерительных приборов и датчиков, включая терморезисторы, кондуктометры, датчики рН или уровня, расходомеры, а также таймеры и устройства аварийной сигнализации. Многие из этих приборов находятся в постоянном контакте с жидкостями или газами. Надежная и точная работа всех этих устройств требует периодической очистки, которая может выполняться вручную, согласно графику техобслуживания, или при помощи автоматизированных систем "очистки на месте" (далее – СІР).

Полностью автоматизированная система управления должна обеспечивать возможность промывки датчиков с различной периодичностью, а также регенерации используемых чистящих растворов. Система должна также обеспечивать возможность регулировки температуры, расхода, состава и концентрации чистящих растворов.

Автоматизированная система очистки датчиков, как правило, основана на ПЛК и имеет одну или несколько панелей управления. Важная роль системы управления очисткой состоит в ограничении гидравлического удара – серьезной проблемы для систем СІР, приводящей к сокращению срока службы оборудования.

Для очистки клапанов и различных видов уплотнений, используемых в производственном оборудовании, необходима строго определенная последовательность импульсов.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение энергопотребления, а также воздействия на окружающую среду.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Зависят от конкретного объекта

#### **Кросс-медиа эффекты**

Использование химических веществ в небольших количествах для очистки датчиков.

Возможная потеря давления в трубопроводах, вызванная наличием датчиков.

Таблица 4.7. Потери давления и энергии при использовании различных измерительных устройств

№ п/п	Параметр	ТЭС, пар высокого давления	Сжигание отходов, перегретый пар
1	2	3	4
1	Qmax (т/ч)	200	45
2	T (оС)	545	400
3	P (бар абс.)	255	40
4	Диаметр трубы (мм)	157	130,7
5	Дифференциальное давление, мбар (приблизительно):		
5.1	Измерительные диафрагмы	2580	1850
5.2	Традиционные трубки Пито	1770	595
5.3	Трубки Пито нового поколения	1288	444
6	Постоянная потеря давления на измерительной системе, мбар (приблизительно):		
6.1	Измерительные диафрагмы	993	914
6.2	Традиционные трубки Пито	237	99
6.3	Трубки Пито нового поколения	19,3	7,3
7	Потери кинетической энергии на измерительной системе, кВт*ч/ч (в предположении, что 100 мбар примерно соответствует 67,8 кВт*ч/ч) (приблизительно):		
7.1	Измерительные диафрагмы	673	620
7.2	Традиционные трубки Пито	161	67
7.3	Трубки Пито нового поколения	13	5

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Системы управления технологическими процессами применимы в контексте любых установок I категории. Они могут варьироваться от простых систем, основанных на таймерах, датчиках температуры и системах подачи материалов (например, на небольших предприятиях интенсивного животноводства) до сложных систем, применяемых, например, на предприятиях пищевой, химической, горнодобывающей или целлюлозно-бумажной промышленности.

### **Планирование.**

В ходе проектирования системы автоматизации производства следует рассмотреть ряд факторов. Так, начальный анализ конкретного процесса может выявить существующие ограничения для эффективности процесса, а также альтернативные подходы, способные обеспечить лучшие результаты.

Кроме того, необходимо определить требуемые режимы работы системы с точки зрения качества продукции, нормативных требований и производственной безопасности. Система управления должна быть надежной и дружелюбной к пользователю, т.е., легкой в эксплуатации и обслуживании.

При проектировании автоматизированной системы управления следует принять во внимание вопросы обработки данных и управления ими. АСУ ТП должна обеспечивать баланс между точностью, соответствием заданным спецификациям и гибкостью с тем, чтобы достичь максимальной эффективности технологического процесса с учетом требований к производственным затратам.

Адекватные спецификации технологического процесса, предусмотренные в системе, обеспечивают бесперебойное функционирование производственной линии. Задание неоправданно узкого или широкого диапазона допустимых условий с неизбежностью влечет за собой рост производственных затрат и/или задержки в производственном процессе. Для оптимизации производительности и эффективности процесса:

задаваемые спецификации каждого этапа технологического процесса должны быть полными и точными, причем особое внимание должно быть уделено определению реалистичного диапазона допустимых условий;

инженер, ответственный за проектирование системы управления, должен быть хорошо знаком с автоматизируемым процессом и иметь возможность консультироваться с производителем оборудования;

должно быть найдено оптимальное соотношение между возможностями системы и реальными потребностями в автоматизации, т.е., следует принять решение о том, необходима ли сложная система управления или можно обойтись более простым решением.

### **Экономика**

Снижение затрат, связанных с энергопотреблением.

Автоматизация – интеграция системы управления в технологическую систему – позволяет значительно снизить трудозатраты на эксплуатацию сложного оборудования, обеспечив надежную и стабильную производительность.

Практика показывает, что внедрение АСУ ТП может обеспечить значительный экономический эффект. Нередко срок окупаемости инвестиций составляет год или менее, в особенности, в тех случаях, когда на предприятии уже имеется современная инфраструктура управления и мониторинга, например, распределенная система

управления или система диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA). В некоторых случаях был продемонстрирован срок окупаемости в несколько месяцев или даже недель.

### **Движущая сила внедрения**

Повышение производительности и уровня производственной безопасности, сокращение потребности в техническом обслуживании, увеличение срока службы технологического оборудования, более высокое и стабильное качество продукции, сокращение потребности в рабочей силе.

Сокращение производственных затрат и быстрая окупаемость инвестиций, продемонстрированные в ряде случаев (как отмечено выше), послужили серьезным стимулом для внедрения подобных систем на других предприятиях.

**Справочная информация:** BREF ЕС 2.8.1, 2.8.2.

#### **4.2.1.2. Техническое обслуживание**

##### **Описание**

Техническое обслуживание (далее – ТО) всех систем и оборудования является критически важным и составляет существенную часть системы энергоменеджмента. Поддержание зданий, процессов, систем и оборудования в рабочем состоянии требует четкого формирования процедур и планов ТО, инвентаризации действующих в настоящее время процедур по обслуживанию, технических проверок, соответствующего обучения персонала.

Необходимо выявление возможных причин снижения энергоэффективности и возможностей для ее повышения на основе результатов планового ТО, отказов и случаев нештатного функционирования оборудования, а также четкое распределение ответственности за планирование и осуществление ТО. Важнейшими требованиями являются наличие графика ТО, а также документирование всех проверок оборудования и деятельности по ТО.

Технические проверки представляют собой регулярные проверки исправности и эффективности работы оборудования на предмет, требуется ли вмешательство, и соблюдаются ли операционные параметры в заданных границах.

##### **Техническое описание**

Современные подходы к профилактическому ТО направлены на обеспечение нормального функционирования технологических процессов и систем на протяжении всего срока их службы. Графики профилактического ТО традиционно составлялись в бумажном виде и доводились до исполнителей при помощи карт или стендов, однако сейчас эти задачи решаются при помощи компьютерных систем. Выдавая список работ по плановому ТО на ежедневной основе, соответствующее программное обеспечение поддерживает полное и своевременное выполнение соответствующих задач.

Важно обеспечить интеграцию баз данных, содержащих информацию о графике ТО и технических характеристиках оборудования, с другими инфосистемами, имеющими

отношение к ТО и управлению производственным процессом. При классификации работ по ТО и формировании соответствующей отчетности часто используются такие материалы, как отраслевые стандарты ТО. При выборе и настройке необходимого программного обеспечения можно ориентироваться, в частности, на требования стандартов ISO серии 9000 в части ТО.

Использование программных инструментов способствует документированию возникающих проблем, а также накоплению статистических данных по отказам и частоте их возникновения. Инструменты моделирования могут быть полезны для прогнозирования отказов, а также при проектировании оборудования.

Операторы производственных процессов должны принимать плановые и внеплановые меры по поддержанию порядка на производственных участках и оборудования в надлежащем состоянии, включая:

- очистку загрязненных поверхностей и трубопроводов;

- обеспечение оптимальной настройки регулируемого оборудования (например, печатного);

- отключение неиспользуемого оборудования или оборудования, необходимость функционирования которого в данный момент отсутствует;

- выявление утечек (например, сжатого воздуха или пара), неисправного оборудования, трещин в трубах и т.д., и сообщение об этом;

- своевременная подача заявок на замену изношенных подшипников.

Содержание программы ТО зависит от условий конкретной установки. Необходимо выявлять утечки, неисправности оборудования, изношенные подшипники и т.д., в особенности, способные повлиять на энергопотребление, и устранять их при первой же возможности.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Энергосбережение.

Снижение уровня шума (например, от изношенных подшипников или утечек пара).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Зависят от конкретного объекта

### **Кросс-медиа эффекты**

Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо на любых установках.

Там, где это применимо, должен быть обеспечен баланс между оперативным устранением неисправностей и необходимостью обеспечения качества продукции, стабильности производственного процесса, а также здоровья и безопасности персонала при выполнении ремонтных работ на действующем предприятии (где может находиться оборудование с движущимися частями, имеющее высокую температуру и т.п.).

## **Экономика**

Зависит от конкретной установки.

Меры по поддержанию порядка на производственных участках представляют собой малозатратные мероприятия; соответствующие затраты, как правило, оплачиваются из ежегодных поступлений, находящихся в распоряжении менеджеров, и не требуют капитальных инвестиций.

### **Движущая сила внедрения**

В целом считается, что хорошая организация ТО позволяет повысить надежность производственного оборудования и сократить продолжительность простоев, а также способствует повышению производительности и качества.

**Справочная информация:** BREF ЕС 2.9, ИТС 48-2017, гл. 5.2 стр. 105-106.

### **4.2.2. Мониторинг и измерения**

Мониторинг и измерения представляют собой важную часть этапа "проверки" в цикле "планирование–осуществление–проверка–корректировка", на котором основаны системы менеджмента.

Измерения и мониторинг могут осуществляться в контексте управления технологическими процессами, а также аудитов. Измерения важны для получения достоверной и прослеживаемой информации по вопросам, связанным с энергоэффективностью. Это может быть, как информация об объемах потребления ресурсов (МВт-ч электроэнергии, кг пара и т.п.), так и о характеристиках (например, температуре или давлении) определенных энергоресурсов (пара, горячей воды, охлаждающей воды и т.п.). Для некоторых ресурсов столь же важной может быть информация о содержании энергии в возвратных или отходящих потоках (например, отходящих газах, сбрасываемой охлаждающей воде и т.п.), необходимая для анализа энергопотребления и составления энергетических балансов.

Одной из важнейших задач мониторинга и измерений является обеспечение учета затрат, основанного на фактическом энергопотреблении, а не на произвольных предположениях или оценках, которые могут устаревать со временем. Наличие данных, отражающих реальную картину энергозатрат, способно придать импульс деятельности по повышению энергоэффективности. Однако на существующих предприятиях установка новых измерительных устройств может быть сопряжена со сложностями – например, может оказаться затруднительным найти достаточно длинный прямой участок трубы, обеспечивающий ламинарное течение, необходимое для измерения массового расхода. В подобных случаях или в тех ситуациях, когда энергопотребление устройства или вида деятельности относительно невелико (по сравнению с общим потреблением установки или системы, в состав которых они входят), могут использоваться оценки и расчетные значения.



Управление производственным процессом часто требует измерения материальных потоков, и эти данные могут использоваться при формировании показателей энергоэффективности.

В условиях небольших предприятий и несложных производственных процессов доступность недорогих и простых средств мониторинга, измерения и управления позволяет организовать сбор данных, оценку потребностей производственного процесса в энергии, а также управление технологическими процессами. На начальном этапе мониторинг и управление могут сводиться к простому пуску и останову процессов, контролю временных параметров, температуры и давления, фиксации данных и т.д. На последующих этапах возможна организация более сложного управления на основе программных моделей. Общая модель энергопотребления промышленным предприятием может быть представлена в виде комплекса различных форм математических моделей, связанных между собой информационными связями.

Математическая модель энергопотребления предприятия позволяет определять наиболее оптимальные по энергоэффективности режимы работы технологических объектов, вычислять параметры для этих режимов, выявлять причинно-следственные связи в технологических процессах и определять динамику процессов потребления энергии во времени.

На крупных предприятиях могут быть реализованы еще более сложные подходы к автоматизации, подразумевающие измерение и контроль всех существенных параметров процесса, а также интеграцию автоматических систем контроля с другими информационными системами предприятия (системой выполнения заказов, системой управления производством и т.п.).

Новым направлением является использование технологий Big Data ("Большие данные") для оптимизации сложных технологических процессов.

Предлагаемые техники (инструменты) охватывают некоторые возможные подходы к измерению, расчету и мониторингу ключевых характеристик технологического процесса, значимых с точки зрения его энергоэффективности.

#### **4.2.2.1. Усовершенствование учета потребления энергоресурсов. Автоматические системы контроля и учета потребляемой объектом энергии (АСКУЭ).**

##### **Описание**

Традиционные системы учета измеряют или учитывают количество того или иного энергоресурса, потребляемого объектом I категории или видом деятельности в них. Показания таких устройств, как правило, служат основой для выставления счетов за энергопотребление. Для выяснения объема энергопотребления (и возможного энергосбережения) при использовании различных видов оборудования широко применяются оценки и расчеты энергопотребления. Они выполняются, как правило, на основе спецификаций производителя и основаны на измерении легко определяемого параметра, например, продолжительности работы оборудования.

Но реализация оптимального управления энергоснабжением предприятия и обеспечение энергоэффективности требует постоянного внимания ко всему комплексу факторов, определяющих состояние всей энергосистемы. Развитие технологий привело к появлению недорогих устройств учета, которые могут устанавливаться без временного прерывания энергоснабжения (в случае использования разъемных датчиков) и они занимают гораздо меньше места, чем традиционные счетчики.

Понятия "усовершенствованная инфраструктура учета" и "усовершенствованное управление учетом" относятся к системам, которые обеспечивают измерение потребления при помощи таких устройств, как усовершенствованные счетчики электроэнергии, воды или газа, а также сбор (при помощи различных средств коммуникации) и анализ данных от счетчиков по запросу оператора или по заранее определенному графику.

Для выявления проблемных участков технологической цепочки в случае энергоемких производств необходимо наличие достоверной информации о количестве потребляемой энергии на всех этапах производственного процесса. Разработка и внедрение на промышленных предприятиях автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов (далее – АСКУЭ) позволяет повысить точности учета, локализовать места недоучета и энергетических потерь. Подсистема энергоэффективности общей автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) предприятия позволяет анализировать и эффективно управлять потреблением топливно-энергетических ресурсов в технологическом процессе в реальном времени. Так, усовершенствованная система учета является важным элементом автоматизированной системы управления энергетикой предприятия (см. раздел 4.2.1 и 4.2.1.1).

### **Техническое описание**

Современные подходы предлагают, что оптимизацию следует начинать с анализа системы в целом, а не отдельных элементов оборудования. Целесообразно определить центры учета энергии – они представляют собой производственные единицы предприятия, энергопотребление которых может быть соотнесено с характеристиками производственного процесса, например, объемом выпуска продукции. Возможная структура усовершенствованной системы учета представлена на нижеприведенном рисунке:

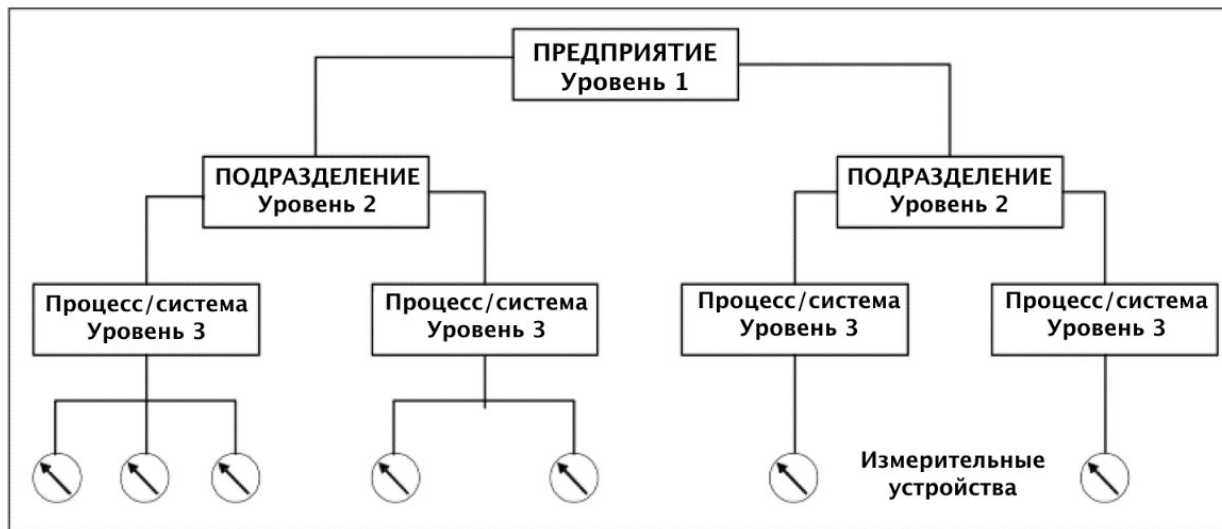


Рисунок 4.12. Структура усовершенствованной системы учета энергии

Необходимая инфраструктура включает аппаратное и программное обеспечение для передачи данных, поддержки связанных с учетом систем потребителя, а также управления данными учета. Математическая модель энергопотребления предприятия позволяет определять наиболее оптимальные по энергоэффективности режимы работы технологических объектов, вычислять параметры для этих режимов, выявлять причинно-следственные связи в технологических процессах и определять динамику процессов потребления энергии во времени.

Реализация управления энергоснабжением предприятия может быть осуществлена с помощью автоматизированной системы учета энергоресурсов. Система диспетчерского управления энергохозяйством в рамках АСКУЭ представляет собой информационно-управляющую подсистему и включает, автоматизированное рабочее место диспетчера (оператора).

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение управления энергопотреблением, т.е. энергосбережение.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Зависят от конкретного объекта

#### **Кросс-медиа эффекты**

Не ожидается.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо на любых установках, но сложность системы контроля и учета зависит от условий конкретной установки, начиная от наличия разных энергопотребляющих производственных систем.

#### **Экономика**

Сокращение производственных затрат (зависит от конкретной установки).  
Распределение затрат на основе фактического энергопотребления.

#### **Движущая сила внедрения**

Улучшение управления энергопотреблением, т.е. снижение затрат.

**Справочная информация:** BREF EC 2.10.2, 2.10.3, ИТС 48-2017, гл. 4.2.1.

#### **4.2.2.2. Аналитические методы, инструменты визуализации**

##### **Описание**

Учет, мониторинг и измерения имеют целью обеспечение энергоменеджеров достоверной информацией для проведения энергетического анализа, планирования и принятия обоснованных решений. Для получения более удобных и практически применимых в энергетическом анализе и учете результатов мониторинга широко применяются различные аналитические методы и инструменты.

Описание их не входит в задачи справочника по НДТ, однако можно назвать несколько из них в качестве примера.

Среди наиболее часто употребляемых инструментов, например:

диаграммы Сэнки (для отображения данных о потоках вещества и энергии);

пинч-анализ (методология минимизации энергопотребления процесса посредством расчета термодинамически обоснованных объемов энергопотребления и приближения к ним с помощью оптимизации теплопередачи между процессами, методов энергоснабжения и характеристик технологических процессов);

энергетический (энтальпийный) и эксергетический анализ (методики, основанные на определении энергии или эксергии потоков в исследуемой тепловой системе, а также построении энергетического или эксергетического баланса объектов, соединяемых этими потоками);

термоэкономический анализ на уровне системы (использует как принципы термодинамики, так и данные о затратах, позволяя прояснить процесс формирования затрат, минимизировать совокупные производственные затраты, а также распределить затраты по нескольким видам продукции, производимым в одном и том же процессе);

энергетические балансы и энергетические модели процессов, в том числе регрессионные.

Все эти инструменты представляют собой богатый и разнообразный аналитический и математический аппарат, позволяющий с высокой достоверностью моделировать процессы выработки, преобразования, передачи и потребления энергии, производства продукции и так далее, повышать качество прогнозирования и принимаемых решений.

##### **Техническое описание**

Диаграммы Сэнки представляет собой разновидность потоковой диаграммы, на которой толщина стрелок пропорциональна величине соответствующего потока. Они могут использоваться для визуального представления энергетических и материальных потоков в пределах определенного процесса или между процессами. Они особенно полезны в условиях, когда нужно быстро и эффективно довести информацию до смешанной аудитории, объединяющей представителей различных специальностей.

Диаграммы Сэнки могут использоваться для целей информирования персонала, а также поддержания мотивации для дальнейшего развития инициатив в сфере энергоэффективности. Доступно недорогое программное обеспечение, позволяющее строить диаграммы на основе таких источников данных, как, например, электронные таблицы.

Пример диаграммы Сэнки: использование топлива и потери на типичном предприятии:

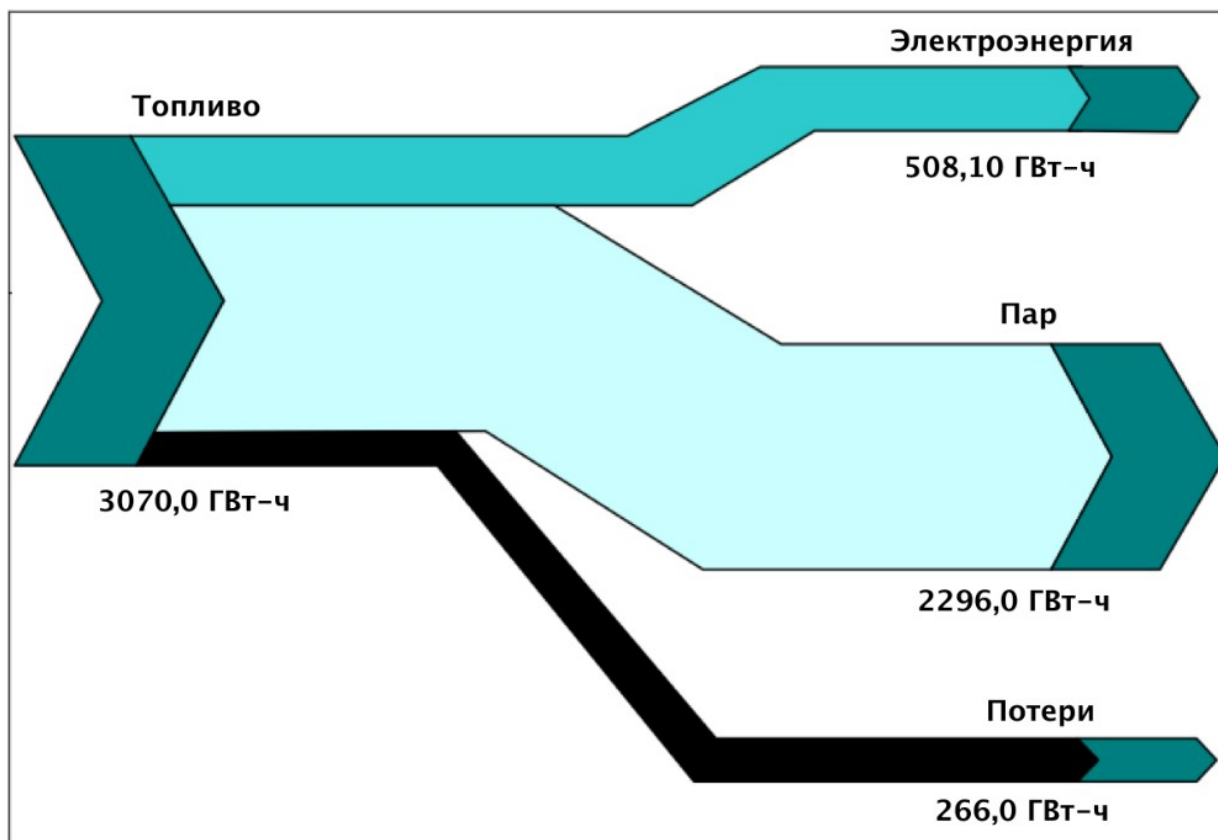


Рисунок 4.13. Диаграмма Сэнки

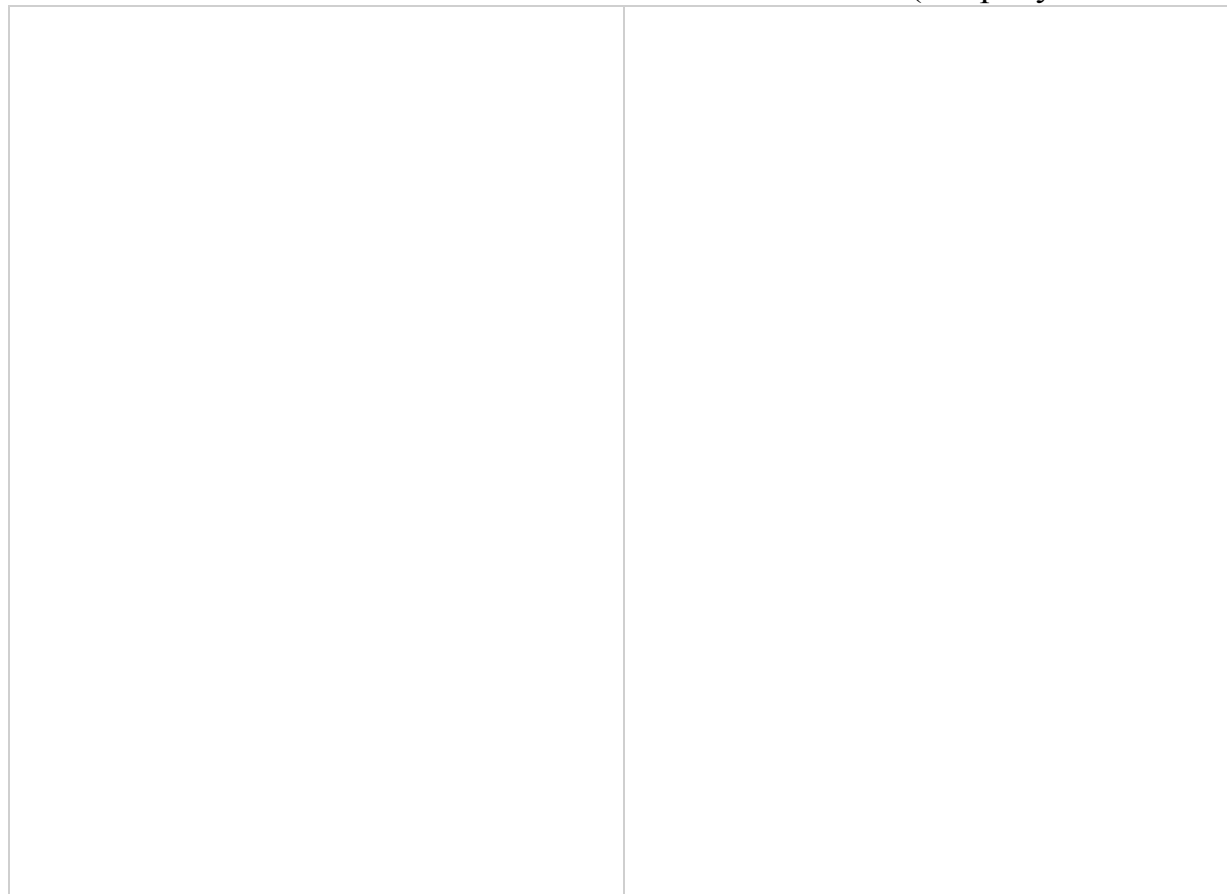
### Пинч-анализ

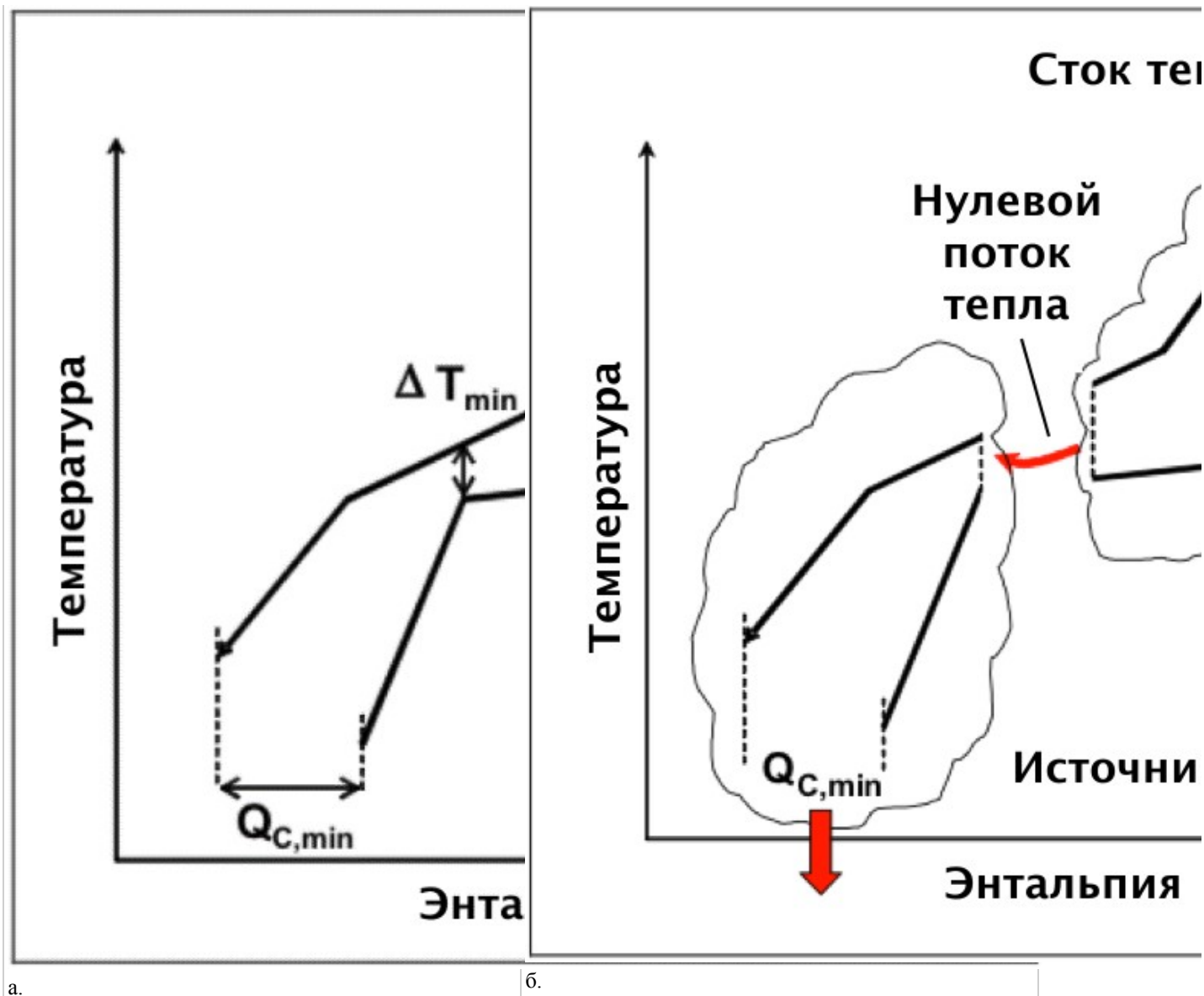
В контексте пинч-анализа каждый оптимизируемый процесс рассматривается как совокупность горячих и холодных потоков. Горячими называются потоки, которые нуждаются в охлаждении, а холодными – потоки, нуждающиеся в нагреве. Для каждого процесса может быть построена одна кривая на диаграмме "температура–энтальпия", представляющая совокупность всех горячих потоков, и одна кривая, представляющая совокупность всех холодных потоков процесса. Эти кривые называются соответственно горячей и холодной составными кривыми.

Горячая составная кривая строится посредством простого сложения потребностей в отведении тепла для каждого диапазона температур, учитывая все потоки. Холодная составная кривая строится аналогичным образом. Горячая и холодная составные кривые строятся на одной и той же диаграмме "температура – энтальпия". Эти кривые

представляют совокупные потребности процесса в охлаждении и нагреве. Если проекции кривых на ось энтальпии перекрываются, это означает, что тепло, отводимое от горячей составной кривой (совокупности горячих потоков), может быть использовано для нагрева холодной составной кривой (совокупности холодных потоков) посредством организации передачи тепла между потоками. Однако у каждой из составных кривых существует участок, проекция которого на ось энтальпии не перекрывается проекцией второй кривой. Это означает, что в своей верхней части холодная составная кривая нуждается во внешнем источнике тепла (мощностью  $Q_{H,min}$ ), а горячая составная кривая в своей нижней части нуждается во внешнем источнике охлаждения (мощностью  $Q_{C,min}$ ). Эти величины представляют собой теоретические потребности в горячих и холодных энергоресурсах. Точка, в которой расстояние между кривыми по оси температуры минимально, называется "пинч" (что можно перевести как "сужение, сжатие"). В точке пинча разность температур между кривыми достигает минимума –  $DT_{min}$ . При этом область перекрытия проекций двух кривых на ось энтальпии представляет возможности для передачи тепла между процессами (рекуперации тепла), а величины  $Q_{H,min}$  и  $Q_{C,min}$  являются минимальными теоретическими потребностями в энергоресурсах (см. Рисунок 4.14 - а.)

После того, как для процесса определены пинч и теоретические потребности в энергоресурсах, процесс может быть рассмотрен как две отдельные системы, находящиеся соответственно выше пинча и ниже пинча (см. рисунок 4.14 - б).





а.

б.

Рисунок 4.14. Совокупные потребности процесса в охлаждении и нагреве

Система, находящаяся выше пинча, требует подведения тепла из внешнего источника и, следовательно, является стоком тепла. Система, находящаяся ниже пинча, требует отведения тепла за свои границы и поэтому является источником тепла. Для оптимизации процесса используют три основных правила пинч-анализа:

- не должно быть передачи тепла через пинч;
- не должно быть внешнего охлаждения системы, находящейся выше пинча;
- не должно быть подведения тепла из внешних источников к системе, находящейся ниже пинча.

Если через пинч передается количество тепла  $a$ , это означает, что это количество тепла ( $a$ ) должно быть дополнительно подведено к "верхней" системе и дополнительно отведено от "нижней". Аналогичным образом, любое внешнее охлаждение

системы-стока и любое подведение тепла извне к системе-источнику означают дополнительные потребности в энергоресурсах по сравнению с минимальными теоретическими значениями.

Так, фактическое энергопотребление ( $A$ ) и теоретическое минимальное энергопотребление ( $T$ ) связано потоком энергии через пинч следующим образом:  $T = A - a$ .

Для достижения минимума энергопотребления необходимо исключить поток тепла через пинч.

Важнейшим условием эффективного использования пинч-анализа является наличие фактических данных, в особенности, в том случае, если технологический процесс не является непрерывным. Такие данные не могут быть заменены никакими оценками или предположениями; для достижения энергосбережения (и соответствующего снижения затрат) необходимо детальное измерение характеристик (в т.ч. временных) всех технологических потоков в составе процесса.

Энтальпийный и эксергетический анализ

Выполнение этих видов анализа включает следующие шаги:

1. Следует точно определить границу анализируемой системы (всего предприятия или его части).

2. Необходимо выполнить декомпозицию системы на компоненты, соединяемые материальными и энергетическими потоками. Степень декомпозиции определяется необходимой степенью детальности анализа, а также доступной информацией.

3. Следует определить термодинамические характеристики потоков: массовый расход, давление, температуру, состав, мощность на валу, поток тепла и т.д. При анализе существующей системы для получения этой информации проводятся измерения, а при проектировании нового объекта используется моделирование.

4. После того, как получены необходимые данные по всем потокам, можно определить их энтальпию и эксергию.

5. На основе потоков энтальпии и эксергии можно определить другие характеристики, например, потери энергии в различных компонентах, степень необратимости процессов, КПД; кроме того, потоки могут быть графически представлены на диаграммах Сэнки (энергия) или Грассмана (эксергия).

6. Соответствующий анализ и построение балансов могут выполняться в реальном времени с заданной периодичностью, а информация о "затратах эксергии" может использоваться для выявления отклонений производственного процесса от заданных условий.

7. Наконец, можно установить взаимосвязь между термодинамическими и экономическими характеристиками производства, поскольку любые затраты, вызванные неэффективностью или неадекватным функционированием какой-либо технологической подсистемы, имеют две стороны: количество затраченных ресурсов и



финансовые средства, необходимые для компенсации этих затрат. Соответствующий подход применительно к энергетическим ресурсам называется "термоэкономика".

Как видно из этого краткого описания, энергетический и эксергетический анализ могут выполняться параллельно, для одних и тех же производственных единиц, и на основе одних и тех же данных. Однако эксергетический анализ несмотря на то, что он более сложен и реже применяется, является более полезным, поскольку он позволяет выявить больше возможностей для энергосбережения.

Важнейшим условием применения данных методик является наличие информации о материальных и энергетических потоках в системе. Для действующих предприятий такая информация может быть получена посредством измерений, а для проектируемых – при помощи моделирования. Недостаток фактической информации может ограничивать степень детальности анализа.

### Термоэкономика

Для анализа процессов, характеризующихся значительной степенью термодинамической необратимости, например, сжигания, теплопередачи, дросселирования и т.д., адекватным является только эксергетический анализ. Эксергия представляет собой объективную и универсальную меру полезности энергии и может рассматриваться в качестве связующего звена между термодинамикой и учетом затрат. Это связано с тем, что эксергия может быть рассчитана на основе физических величин, которые могут быть измерены – давления, температуры, энергии и т.д. Экономический анализ позволяет рассчитать затраты, связанные с приобретением топлива, инвестициями, а также эксплуатацией и техническим обслуживанием установки.

Таким образом, термоэкономика позволяет оценить затраты, связанные с потреблением ресурсов и термодинамической необратимостью в рамках производственного процесса в целом. Термоэкономический анализ позволяет выявить пути более эффективного использования и сбережения ресурсов. Денежные затраты являются, в частности, выражением неэффективности технологических процессов, и информация о формировании затрат может использоваться для оптимизации этих процессов. Анализ затрат, связанных с технологическими потоками и процессами предприятия, способствует пониманию процесса формирования затрат на пути от входных потоков до конечной продукции.

Данные методы анализа позволяют решить проблемы, связанные со сложными энергетическими системами, которые не могут быть решены методами традиционного энергетического анализа. Среди прочего, методы термоэкономики используются для:

рационального ценообразования на продукцию предприятия на основе физических параметров;

оптимизации конкретных параметров производственных процессов с целью снижения совокупных производственных затрат, т.е. глобальной и локальной оптимизации;

выявления неэффективных участков процесса и расчета их влияния на экономику производства действующих предприятий (термоэкономической диагностики производственного процесса);

оценки различных альтернатив и вариантов решений при проектировании производства, обеспечения максимальной рентабельности.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Оптимизация энергетического баланса производственного предприятия, энергосбережение, но также и сокращение расхода материалов, потерь и объемов образования отходов.

Данные типы анализа позволяют выявить участки технологического процесса, характеризующиеся наибольшими потерями энергии и эксергии, и обладающие наибольшим потенциалом энергосбережения. Поскольку эксергия потока определяется целым рядом его характеристик, эксергетический анализ может использоваться и для выявления участков, на которых образуется загрязнение окружающей среды, а также количественной оценки этого загрязнения.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Зависят от конкретного объекта.

### **Кросс-медиа эффекты**

Не ожидается.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Пинч-анализ может применяться на предприятиях широкого круга отраслей, где используются технологические потоки, имеющие различные температуры. Этот метод используется при проектировании новых предприятий или производственных единиц, модернизации производственных мощностей, а также при исследованиях деятельности предприятия.

Пинч-анализ успешно применяется к технологическим процессам различных типов, включая периодические, полунепрерывные и непрерывные процессы, и способен учитывать различные характеристики этих процессов, включая использование различных видов сырья и энергоресурсов, сезонные колебания спроса, а также ограничения, связанные с качеством продукции, и ограничения природоохранного характера.

Применимость зависит от условий конкретной установки.

Методы термоэкономического анализа применяются на различных электростанциях (в т.ч. парогазовых комбинированного цикла), нефтеперерабатывающих и химических предприятиях, ТЭЦ и т.д.

### **Экономика**

Сокращение производственных затрат (зависит от конкретной установки).

Пинч-анализ и эксергетический анализ имеют репутацию дорогостоящих и сложных в применении методов. Однако в случае несложных процессов расчеты могут

выполняться вручную или при помощи программных инструментов (в т.ч. предоставляемых пользователям бесплатно). При наличии необходимой информации о характеристиках технологических потоков (что имеет место во многих случаях), энергетический и эксергетический анализ могут быть выполнены с незначительными затратами. Существует несколько программных инструментов для этих типов анализа, интегрированных с пакетами для работы со схемами технологических процессов. В настоящее время пинч-анализ включен во многие программы обучения промышленных инженеров.

В более сложных ситуациях может потребоваться группа опытных специалистов, хорошо знакомых с пинч-анализом, особенностями конкретного производства, а также методиками моделирования процессов и оценки затрат.

#### **Движущая сила внедрения**

Повышение качества информирования по вопросам энергоэффективности.

Сокращение эксплуатационных и капитальных затрат.

При применении пинч-анализа к существующей деятельности предприятия во многих случаях удалось добиться улучшения характеристик производственного процесса, что позволило, например, повысить гибкость производства, "расширить" узкие места в технологических процессах, увеличить производительность и снизить масштаб негативных эффектов (например, образования накипи).

**Справочная информация:** BREF EC 2.7.1, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15.

#### **4.2.2.3. Оптимизация использования энергоресурсов и управление ими на основе энергетических моделей**

##### **Описание**

Энергетические модели, в составе которых имеются базы данных, представляют собой полезные инструменты для комплексного и детального энергетического анализа, которые часто используются в рамках аналитических энергоаудитов (см. раздел 4.2.2.4)

Модель представляет собой схему или описание, отражающее использование энергии в рамках установки, подразделения или системы (это описание может храниться, например, в базе данных). Модель содержит техническую информацию об установке, подразделении и системе – тип оборудования, его энергопотребление и такие эксплуатационные данные, как, например, время работы. Полнота и степень детальности модели должны быть достаточными с точки зрения задач, которые должны быть решены с помощью данной модели, но не чрезмерными.

В условиях небольших предприятий и несложных производственных процессов доступность недорогих и простых средств мониторинга, измерения и управления позволяет организовать сбор данных, оценку потребностей производственного процесса в энергии, а также управление технологическими процессами. На начальном этапе мониторинг и управление могут сводиться к простому запуску и остановке

процессов, контролю временных параметров, температуры и давления, фиксации данных и т.д. На последующих этапах возможна организация более сложного управления на основе программных моделей.

На крупных предприятиях могут быть реализованы еще более сложные подходы к автоматизации, подразумевающие измерение и контроль всех существенных параметров процесса, а также интеграцию АСУ ТП с другими информационными системами предприятия (системой выполнения заказов, системой управления производством и т.п.).

Одной из областей применения таких систем является управление производством или получением энергоресурсов ("управление на стороне производства", "управление распределением" или "управление энергоресурсами"). Подобные системы представляют собой сочетание моделей с использованием инфотехнологий и систем автоматизированного управления, применяемых используемых для управления энергоресурсами (электроэнергией, паром, холодом и т.д.) и оптимизации их использования.

### **Техническое описание**

По мере возрастания сложности технологических процессов все большее значение для их оптимизации и повышения энергоэффективности могут иметь различные инструменты, находящиеся в диапазоне от простого моделирования на основе электронных таблиц и распределенных систем управления до более мощных систем управления энергоресурсами и оптимизации их использования (систем оптимизации энергоресурсов), основанных на моделях. Эти системы могут быть интегрированы с другими автоматизированными системами управления и информационными системами предприятия.

Модель должна быть легко доступна для сотрудников различных подразделений организации, включая ответственных за эксплуатацию, менеджмент энергоэффективности, техническое обслуживание, закупки, учет и т.д.

Система оптимизации энергоресурсов может использоваться сотрудниками различных подразделений, имеющими различный уровень подготовки (например, инженерами, операторами технологических процессов, менеджерами, снабженцами и представителями финансовых служб). К общим требованиям, предъявляемым к подобной системе, относятся:

простота использования: система должна иметь варианты пользовательских интерфейсов, адаптированные к потребностям различных категорий пользователей, а также поддерживать интеграцию с другими корпоративными информационными системами и базами данных для того, чтобы избежать необходимости повторного ввода данных;

надежность: система должна выдавать пользователям адекватные и обоснованные рекомендации;

реалистичность: система должна адекватно отражать условия предприятия (затраты, характеристики оборудования, время запуска и т.п.), в то же время избегая чрезмерной детализации, которая осложнила бы использование системы;

гибкость: система должна быть достаточно гибкой для того, чтобы отражение изменений в условиях производства (например, временное сокращение производства, изменение затрат и т.п.) не требовало значительных усилий.

Система оптимизации энергоресурсов должна быть способна надежно оценить эффект различных действий по оптимизации энергоэффективности (как в реальном времени, так и, например, при анализе возможных сценариев), внося таким образом вклад в формирование мотивации для необходимых изменений.

К основным требованиям к системе оптимизации энергоресурсов, основанной на моделях, относятся:

наличие модели, охватывающей процессы приобретения или производства топлива, пара и электричества, а также системы распределения этих энергоресурсов. Как минимум, модель должна адекватно отражать;

свойства всех видов используемого топлива, включая низшую теплоту сгорания и состав;

термодинамические характеристики всех технологических потоков воды и пара на предприятии;

эксплуатационные характеристики всего оборудования, имеющего отношение к энергоресурсам, в нормальных условиях эксплуатации;

наличие модели всех контрактов на приобретение и продажу энергоресурсов;

оптимизация методов частично-целочисленного программирования, позволяющая учитывать изменения режима эксплуатации оборудования, характера использования энергоресурсов, а также условий контрактов;

проверка данных в реальном времени и оценка суммарной погрешности;

возможность оптимизации по разомкнутому циклу;

возможность оптимизации в реальном времени;

возможность оценки эффекта различных сценариев (например, оценка результатов предлагаемых проектов или эффекта различных условий контрактов на поставку электроэнергии или топлива).

Любая энергетическая модель или база данных должны формироваться на основе установленных границ систем и подсистем (см. приложение 2 к справочнику по наилучшим доступным техникам "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности"). Лицо, ответственное за сбор данных, должно обеспечить внесение в базу данных информации о фактической энергоэффективности систем. Продуктивной является схема, при которой модель

является частью системы поддержки технического обслуживания или связана с ней, что позволяет своевременно обновлять данные модели, например, внося в нее информацию о перемотке двигателей, датах калибровки оборудования и т.д.

Поскольку энергетическая модель или база данных является стратегическим инструментом энергоаудита, разумно перед практическим использованием модели выполнить ее проверку. Первым шагом является сравнение общего энергопотребления согласно модели с фактическими данными учета. В случае сложной установки такие сравнения могут быть выполнены на уровне отдельных производственных единиц или систем. Если расчетное и фактическое энергопотребление не совпадают, необходимо перепроверить используемые в модели данные, прежде всего, основанные на оценках и предположениях, например, коэффициент загрузки оборудования или время его работы. При необходимости следует уточнить эти данные. Еще одной причиной неточности модели может быть то, что в ней не отражено все энергопотребляющее оборудование.

### **Электроэнергия**

При отражении электрического оборудования в модели, базе данных или балансе для каждой единицы оборудования, включая двигатели и приводы, насосы, компрессоры, электропечи и т.д., должна быть внесена следующая информация:

- номинальная мощность;
- номинальный КПД;
- коэффициент загрузки;
- время эксплуатации (часов в год).

Если информация о номинальных мощности и КПД, как правило, легко доступна (указана на корпусе устройства или в документации), коэффициент загрузки и время эксплуатации должны быть оценены.

### **Тепловая энергия**

Составление энергетической модели, базы данных или баланса для тепловых устройств или систем является более сложным, чем в случае электрических устройств. Как правило, для получения полной картины производства и потребления тепловой энергии составляются модели (базы данных, балансы) двух разных уровней.

Для составления модели первого уровня необходимо учесть все устройства, потребляющие любые виды топлива. Для каждого такого устройства (например, котла или печи) необходимо собрать следующие данные:

тип и количество топлива, потребляемого за определенный период времени (как правило, за год);

теплоноситель, поступающий в котел (например, вода под давлением): тип, массовый расход, температура, давление;

конденсат: коэффициент регенерации, температура, давление;

корпус котла: производитель, модель, год установки, тепловая мощность, номинальный КПД, площадь поверхности теплообмена, время эксплуатации (часов в году), температура корпуса, средний коэффициент загрузки;

горелки: производитель, модель, год установки, тепловая мощность;

отходящие газы: массовый расход, температура, среднее содержание CO<sub>2</sub>;

теплоноситель, покидающий котел (например, пар): температура, давление.

В модели первого уровня ("сторона производства") отражаются только потребляющие топливо и производящие тепловую энергию устройства. Как правило, для облегчения дальнейшего анализа целесообразно привести все данные по энергопотреблению к первичной энергии или форме энергии, традиционной для данной отрасли.

Модели второго уровня ("сторона потребления") составляются посредством учета всех устройств, потребляющих тепловую энергию в любой форме, но не топливо (эти устройства были учтены в модели первого уровня). Для каждой единицы оборудования необходимо получить следующие данные:

тип используемого теплоносителя;

время потребления тепла (часов в год);

коэффициент загрузки, при котором потребляется тепловая энергия;

номинальная тепловая мощность.

Модели второго уровня ("сторона потребления") могут быть полезны для проверки сбалансированности между производством тепловой энергии (в котлах, теплогенераторах и т.д.) и потребностями в ней.

Если разница между производством и потреблением, определенная на основе двух моделей, является приемлемой, обе модели могут считаться взаимно подтвержденными. Если эта разница неприемлемо велика, необходимы более точные расчеты или дальнейшие исследования.

Если, несмотря на тщательную проверку данных и уточнение расчетов, разница остается значительной, это указывает на наличие существенных потерь при передаче теплоносителей (пара, горячей воды и т.п.) от производителей к потребителям. В этом случае необходимы меры по повышению энергоэффективности.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение энергопотребления и соответствующих загрязнений.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Зависят от конкретного объекта.

### **Кросс-медиа эффекты**

Как правило, энергосбережение, достигнутое в рамках одной из подсистем, реализуется и на уровне системы в целом, однако если при оптимизации не учитывается сторона производства/распределения энергоресурсов, возможна и иная ситуация. Например, сокращение потребления пара в одном из процессов может

привести лишь к необходимости стравливания избыточного пара, если достигнутая оптимизация не учтена в системе производства и распределения пара.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Характер модели и степень ее детальности зависят от особенностей конкретной установки.

Анализ каждой единицы энергопотребляющего оборудования часто является невозможным или неоправданным. Для небольших установок можно ограничиться составлением модели, охватывающей потребление электроэнергии. Для осуществления подробного анализа производственного процесса в условиях крупных предприятий может оказаться целесообразным создание детальных моделей, охватывающих как электрическую, так и тепловую энергию.

При определении приоритетов для сбора данных можно ориентироваться на максимальную экономическую эффективность, начав, например, с единиц оборудования, энергопотребление которых превышает определенный уровень, или с 20 % оборудования, на которые приходится 80 % энергопотребления. По мере реализации потенциала энергосбережения в приоритетных областях можно постепенно добавлять к модели данные по прочему оборудованию, продолжая при этом ориентироваться на определенные приоритеты.

Методы оптимизации использования энергоресурсов актуальны, прежде всего, для тех предприятий, которые применяют несколько видов энергоресурсов (пар, холод и т.п.) и могут рассматривать различные способы их получения, включая, например, приобретение у различных поставщиков и/или собственное производство энергоресурсов (в т.ч. когенерацию, см. раздел 3.4 BREF ЕС).

К числу важнейших требований к основанной на моделях системе оптимизации энергоресурсов относится наличие модели, охватывающей процессы приобретения или производства топлива, пара и электричества, а также системы распределения этих энергоресурсов. Как минимум, модель должна адекватно отражать свойства всех видов используемого топлива, включая низшую теплоту сгорания и состав. Это может оказаться невозможным при использовании топлива со сложным и непостоянным составом, например, бытовых отходов. Результатом может быть сужение диапазона возможностей для оптимизации производства энергии.

### **Экономика**

Сокращение производственных затрат (зависит от конкретной установки).

Точная оценка экономического эффекта в результате снижения энергопотребления может быть затруднена вследствие таких факторов, как сложность структуры тарифов на рынках энергии (возрастающая по мере дерегулирования этих рынков), условия торговли электроэнергией и топливом, а также мониторинг выбросов, управление ими и условия торговли соответствующими квотами.

### **Движущая сила внедрения**



Сокращение затрат.

**Справочная информация:** BREF EC 2.15.1. 2.15.2.

#### 4.2.2.4. Энергоаудит и энергетическая диагностика

##### Описание

В наиболее общем смысле аудит представляет собой оценку лица, организации, системы, процесса, проекта или вида продукции. Аудиты осуществляются для оценки надежности и достоверности информации, а также оценки внутренних систем управления. К настоящему времени получил широкое распространение термин "энергоаудит", под которым понимается систематическое обследование и анализ энергетических потоков здания, процесса или системы, направленные на получение картины энергопотребления исследуемой системы и определяющих его факторов.

Необходимо различать энергоаудит и аудит системы энергоменеджмента. Как правило, энергоаудит организуется с целью выявления возможностей для сокращения энергопотребления системы без негативного влияния на ее производительность или другие полезные функции, выполняемые системой.

Понятие энергетической диагностики может включать детальный начальный аудит, но может распространяться и на более широкую деятельность, включающую определение условий и рамок аудита.

На практике существует широкий круг возможных подходов к организации энергоаудита. Конкретный подход может выбираться в зависимости от текущего этапа внедрения менеджмента энергоэффективности и/или сложности ситуации. Возможные диапазоны области аудита, его детальности и задач продемонстрированы на нижеприведенной схеме:

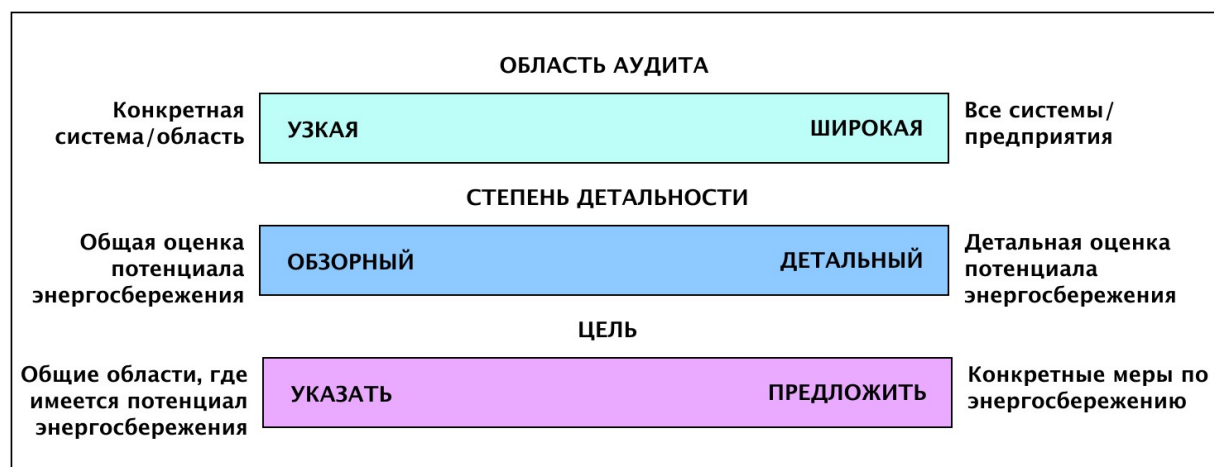


Рисунок 4.15. Диапазоны области аудита и степени детальности

В зависимости от специфики и конкретных целей может использоваться предварительный (более поверхностный), либо детальный энергоаудит. В зависимости от границ и охвата различают выборочный либо комплексный аудит. Кроме того, по

методам выполнения энергоаудиты могут подразделяться на документальные, когда проводится аудит документации (схемы энергоснабжения, плановые и фактические показатели по потреблению энергоресурсов и т.д.), и инструментальные, при которых проводятся измерения энергетических потоков и определяются участки максимальных потерь энергоносителей. В большинстве случаев эти два метода применяются одновременно.

Стандартными результатами комплексного энергоаудита являются отчет об энергетическом обследовании, энергетический паспорт предприятия и программа энергосбережения с энергосберегающими мероприятиями, ранжированными по простым срокам окупаемости.

### **Техническое описание**

Энергоаудит проводится в определенных границах системы как для определения базовой линии энергопотребления, с которой в последующем будут сравниваться достигнутые объемы (с приведением к сопоставимым условиям) для определения достигнутой энергорезультативности, так и для периодического получения картины энергопотребления исследуемой системы и определяющих его факторов.

Различные модели энергоаудита могут быть разделены на два основных типа в соответствии со своими задачами:

1. Диагностические модели аудита.
2. Аналитические модели.

В пределах каждого из двух типов существует ряд моделей, различающихся предметом и степенью детальности аудита. На практике может быть подобрана конкретная модель аудита, наилучшим образом отвечающая потребностям ситуации.

Существуют определенные стандарты энергоаудита, разработанные, как правило, внутри аудиторских компаний или схем повышения энергоэффективности. Эти стандарты содержат, в частности:

- методику проведения энергетической диагностики;
- общие задачи, а также принципы энергоаудита, в т.ч. объективность, независимость и прозрачность;
- рекомендации по обеспечению высокого качества аудита.

С точки зрения оператора, преимуществом использования стандартов является то, что они предлагают определенную методологию аудита, создают основу для ведения диалога, позволяют экономить время и содержат образцы итоговой документации аудита (списки оборудования, энергетические балансы, план мониторинга и т.д.).

Особой разновидностью аудита является инвестиционный аудит, целью которого является оценка предлагаемых вариантов инвестиций в повышение энергоэффективности. Одной из важнейших особенностей этого вида аудита является оценка погрешностей прогнозов энергосбережения в результате предлагаемых инвестиций. Если компания предполагает инвестировать в повышение

энергоэффективности, она должна знать риски, относящиеся к ожидаемым объемам энергосбережения, а также методы минимизации этих рисков (риски могут быть связаны, например, с погрешностями вычислений и различными факторами неопределенности).

#### 1. Диагностические модели аудита.

Основной целью аудитов этого типа является выявление областей, в которых существует (или может существовать) потенциал энергосбережения, а также предложение наиболее очевидных мер по энергосбережению. Задачи такого аудита не включают подробного анализа возможного экономического эффекта, а также тщательной проработки предлагаемых мер. Поэтому перед принятием любых действий по итогам аудита данного типа необходим дополнительный анализ этих действий.

Аудит диагностического типа является оптимальным выбором в условиях, когда необходимо провести обследование и анализ крупного производства за короткий промежуток времени. Как правило, аудит такого типа не требует значительных финансовых и временных затрат. Возможно, диагностический аудит сам по себе не принесет значительной отдачи оператору, поскольку по его итогам не будет предложено проработанного плана мероприятий, но, как правило, такой аудит позволяет наметить ключевые области для дальнейшего исследования. Существует две основных разновидности диагностических аудитов, которые рассматриваются ниже.

#### **Обзорный энергоаудит**

Обзорный энергоаудит уместен в условиях малых и средних промышленных предприятий, где производственный процесс не отличается высокой сложностью с точки зрения потоков первичной и вторичной энергии, взаимосвязи процессов, возможностей рекуперации низкопотенциального тепла и т.д.

Результатами обзорного энергоаудита являются общий обзор энергопотребления объекта, а также рекомендации по наиболее очевидным мерам энергосбережения и областям, требующим дополнительного исследования (организации дополнительных аудитов "второго уровня").

#### 2. Аналитические модели аудита.

Результатом энергоаудита аналитического типа является подробная спецификация мер по повышению энергоэффективности, дающая клиенту информацию, достаточную для принятия решений. Аудиты этого типа требуют большего объема финансовых затрат и усилий, и занимают больше времени, однако позволяют выработать конкретные предложения по энергосбережению. Результаты аудита позволяют оператору оценить существующий потенциал энергосбережения и возможные меры, не прибегая к дополнительным исследованиям.

Существуют две основных разновидности аналитического энергоаудита:

выборочный энергоаудит, при котором аудитор имеет возможность самостоятельно выбрать приоритетные области;

целевой энергоаудит, при котором приоритеты определяются оператором. Целевой аудит может быть:

- энергоаудитом конкретной системы;
- полным (комплексным) энергоаудитом.

Выборочный энергоаудит сосредоточен на возможностях значительного энергосбережения и не уделяет существенного внимания областям, в которых потенциал энергосбережения невелик. Эта модель аудита отличается очень высокой экономической эффективностью в случае привлечения опытных аудиторов, способных правильно определить приоритетные области. Однако при недостатке квалификации такой аудит может свестись к "снятию сливок" – анализу наиболее очевидных мер. Всегда существует риск того, что после выявления нескольких значительных возможностей для энергосбережения не будет уделено должного внимания анализу дальнейшего потенциала.

Программа целевого энергоаудита определяется подробными инструкциями заказчика, т.е. большинство областей и систем, которым будет уделено приоритетное внимание аудиторов, известно заранее. Инструкции заказчика могут подразумевать исключение из программы аудита определенных областей, например, по тем причинам, что они менее значимы с точки зрения энергозатрат, или имеющийся в них потенциал энергосбережения может быть легко реализован.

Как правило, результатами целевого энергоаудита являются детальная разбивка энергопотребления по конкретным потребителям, а также подробные расчеты по возможностям для энергосбережения и необходимым инвестициям. Если инструкции заказчика являются адекватными, по итогам аудита может быть подготовлен стандартный отчет.

С точки зрения заказчика (компании-оператора) всегда существует риск того, что в отсутствие надлежащего контроля качества характер целевого аудита будет постепенно смещаться в сторону аудита выборочного, поскольку последний оставляет аудиторам больше свободы действий и часто требует от них меньших усилий.

### **Энергоаудит конкретной системы**

Простейшим примером целевого энергоаудита является аудит конкретной системы. Для этого вида аудита характерна ограниченность предмета (отдельной системы, процесса или определенного оборудования) в сочетании с детальностью его анализа. Преимущество этого вида аудита состоит в том, что он позволяет привлечь специалистов по конкретной системе, и это может оказаться более продуктивным, чем обращение к аудиторам широкого профиля.

Результатами подобного энергоаудита являются подробная характеристика исследованной системы, перечень возможных мер по повышению энергоэффективности системы и, возможно, анализ экономической эффективности этих мер.

Разумным подходом является сочетание этого вида аудита с более широкими подходами, например, проведение предварительного аудита всего предприятия с последующим энергоаудитом отдельных систем, для которых в ходе предварительного аудита был выявлен значительный потенциал энергосбережения.

Во многих случаях энергоаудит отдельной системы позволяет выявить более высокий относительный потенциал энергосбережения (по отношению к общему энергопотреблению соответствующей системы). Однако проблема состоит в том, что при рассмотрении отдельной системы существует риск "местной оптимизации", которая не будет наилучшим вариантом с точки зрения энергоэффективности предприятия в целом. Например, при анализе изолированной системы охлаждения или обеспечения сжатым воздухом невозможно оценить возможности рекуперации тепла, поскольку в контексте отдельной системы неизвестно, каковы наиболее эффективные способы использования тепловой энергии на предприятии. Энергетические системы редко независимы друг от друга – как правило, они взаимосвязаны, в той или иной степени.

### **Полный энергоаудит**

Полный (комплексный) энергоаудит представляет собой наиболее широкую форму целевого аудита. Он охватывает практически все энергопотребление предприятия, включая механические и электрические системы, все основные и вспомогательные технологические процессы, потребляющие энергию, и т.д. Некоторые второстепенные системы, вклад которых в общее энергопотребление заведомо мал (например, электрические ворота), могут быть исключены из рассмотрения в ходе аудита.

Отличие полного энергоаудита от других разновидностей целевого аудита состоит в том, что последние могут оставлять вне рассмотрения некоторые заранее определенные области энергопотребления предприятия, в то время как полный аудит охватывает энергопотребление практически полностью (возможно, за некоторыми незначительными исключениями).

Первым этапом полного аудита является подробная разбивка общего энергопотребления по конкретным подразделениям и системам. В материалах такого аудита содержатся определенные выводы по всем системам, входящим в заранее определенную область аудита, независимо от их потенциала энергосбережения. В ходе аудита выявляются все существенные возможности повышения энергоэффективности; для них выполняются подробные расчеты ожидаемого объема энергосбережения и необходимых инвестиций.

По итогам аудита этого типа может быть подготовлен подробный аудиторский отчет стандартного формата, который затем может использоваться компанией-заказчиком для решения различных задач, в частности, организации контроля качества и мониторинга.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение управления энергопотреблением, т.е. энергосбережение.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Зависят от конкретного объекта.

### **Кросс-медиа эффекты**

Не ожидается.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Тип и оптимальная периодичность энергоаудита определяются особенностями конкретного предприятия. Как правило, потребностям малых и средних предприятий лучше всего отвечает обзорный аудит.

Как и финансовые аудиты, энергоаудиты могут выполняться сотрудниками самой организации или привлеченными внешними консультантами в зависимости от задач аудита, сложности предмета и наличия необходимых ресурсов. Некоторые малые и средние предприятия могут не располагать необходимым собственным опытом и поэтому вынуждены прибегать к услугам внешних консультантов. Крупные энергопотребляющие организации или подразделения могут использовать для этих целей собственных сотрудников, но могут для проведения дополнительных или разовых аудитов использовать услуги внешних консультантов, а также привлекать временные группы, укомплектованные сотрудниками других подразделений или предприятий компании.

Первый энергоаудит может быть выполнен для получения начальной оценки состояния энергоэффективности определенной установки или системы. Последующие аудиты должны проводиться после значительных модификаций установки, способных повлиять на объемы производства и/или потребления энергии, существенного изменения характеристик производственного процесса и т.д. Этот подход подразумевает, что все аудиты являются полными (комплексными). Однако и в отсутствие существенных изменений следует проводить периодические аудиты с тем, чтобы убедиться в отсутствии постепенного снижения энергоэффективности производства.

Другой подход подразумевает проведение начального энергоаудита предварительного типа, в ходе которого выявляются области для более детального аудита. График аудитов этих областей составляется, исходя из таких факторов, как предполагаемая легкость внедрения методов повышения энергоэффективности, потребностей в капитальных затратах и т.д. При этом конкретная система может становиться предметом детального аудита лишь изредка, но в пределах установки могут осуществляться регулярные аудиты различных систем.

### **Экономика**

Сокращение производственных затрат (зависит от конкретной установки).

Движущая сила внедрения

Сокращение затрат.

Обеспечение соответствия требованиям в области энергоэффективности.

**Справочная информация:** BREF EC 2.11.

#### **4.2.3. Системы менеджмента**

Все промышленные предприятия могут добиться экономии энергии, применяя те же самые рациональные принципы и методы, которые они используют в других областях своего бизнеса при управлении такими ключевыми ресурсами, как финансы, сырье и персонал, а также воздействием на окружающую среду, безопасностью и здоровьем персонала. Эти подходы к менеджменту подразумевают полную ответственность руководства предприятия и за использование энергии. Управление энергопотреблением и соответствующими затратами позволяет сократить потери и обеспечивает экономию.

Для внедрения НДТ операторы объектов I категории должны использовать систему экологического менеджмента (далее – СЭМ) как инструмент, позволяющий управлять соответствующими аспектами проектирования, строительства, технического обслуживания, эксплуатации и вывода из эксплуатации предприятия систематическим образом, допускающим демонстрацию результативности процесса внешним сторонам. СЭМ, как и все другие системы менеджмента, охватывает организационную структуру, распределение ответственности, практические подходы, процедуры, процессы и ресурсы, используемые для разработки, реализации, поддержания, оценки и мониторинга реализации экологической политики. СЭМ функционируют наиболее результативным и эффективным способом в том случае, когда все вышеперечисленные элементы образуют органичную часть общей системы менеджмента установки и деятельности последней.

Аналогичным образом деятельность, направленная на повышение энергоэффективности в области менеджмента, требует постоянного внимания к вопросам использования энергии на предприятии с целью последовательного сокращения потребления последней и повышения энергоэффективности основного производства и вспомогательных процессов, а также закрепления достигнутых результатов как на уровне предприятия, так и на уровне производственного объекта. Соответствующая система менеджмента предоставляет структуру и основу для оценки существующего уровня энергоэффективности, определения возможностей для улучшения и обеспечения постоянного улучшения. Все действенные стандарты, программы и руководства в области менеджмента энергоэффективности (а также экологического менеджмента) содержат понятие постоянного улучшения, подразумевающее, что менеджмент энергоэффективности является процессом, а не проектом, осуществление которого рано или поздно подходит к концу.

Принцип постоянного улучшения опирается на цикл "планирование – осуществление – проверка – корректировка" (plan – do – check – act). Он представляет собой динамическую модель циклического характера, в которой завершение одного цикла становится началом следующего.

Инструменты энергетического менеджмента можно считать экономически эффективными при использовании в самых разных организациях, на предприятиях любых отраслей. При этом необходимо подчеркнуть, что речь идет именно об инструментах и методах энергоменеджмента (как и при любой другой системы менеджмента – технологического, обеспечения качества СЭМ и др.), а не об сертифицированных системах энергетического менеджмента, отвечающих требованиям одного или другого стандарта.

В состав системы энергоменеджмента входят в той мере, в какой это применимо в конкретных условиях организации (т.е. объекта I категории) следующие элементы:

Обязательства высшего руководства.

Разработка и принятие энергетической политики (политики в области энергоэффективности).

Планирование, в т.ч. выбор значимых энергопотребителей и энергетический анализ, вкл. определение базовой линии энергопотребления; установление целей и задач, показателей энергетической результативности (например, показатели потребления энергоресурсов на единицу выпускаемой продукции, площади помещения, количества сотрудников и т.д.); определение возможностей для улучшений и формирование плана энергосберегающих мероприятий (программы энергосбережения) с оценкой их ожидаемой экономической эффективности по одному или нескольким параметрам.

Разработка, внедрение и соблюдение процедур, в т.ч. организационная структура; ведение документации. Операционный контроль, критические операционные параметры и технические проверки.

Сравнительный анализ энергоэффективности установки, использование методов визуализации и построение моделей; бенчмаркинг.

Организация учета и мониторинга, энергетические аудиты.

Внедрение энергосберегающих мероприятий с дальнейшим мониторингом их эффективности, включая определение полученного энергосберегающего эффекта в сопоставимых условиях.

Проверки и корректирующие действия. Проверки результативности, в т.ч. внутренние аудиты.

Оценка со стороны руководства; подготовка периодической декларации об энергоэффективности.

Обеспечение вовлеченности персонала, в т.ч. информирование; обучение и повышение квалификации; создание система рационализаторских предложений; создание системы мотивации.

### **4.3. Технические решения по повышению энергоэффективности**

Практика ставит перед предприятиями задачи рационализации существующих энергонасыщенных производств, создания новых, более совершенных (и в термодинамическом, и в системном плане) комплексов. Для этого в первую очередь



требуется энерготехнологическая или термодинамическая оптимизация как способ рациональной организации непосредственно теплотехнологических и энерготехнологических процессов и далее – поэтапная рационализация теплоэнергетических схем крупного производства.

В главе 4.1 рассматривались разные источники резервов энергосбережения. С физической точки зрения энергетические взаимодействия в промышленных теплотехнологических и энерготехнологических агрегатах определяются в основном потенциалами взаимодействующих сред и компонентов, а также пространственной организацией объема рабочей камеры и агрегата в целом. Соответственно, повышение эффективности энерготехнологических агрегатов может производиться как в направлении термодинамического совершенства, так и в плане пространственной оптимизации объектов и рабочих камер (иногда они дополняют друг друга). Таким образом, можно вычленить два блока резервов повышения эффективности: термодинамический и пространственный (включая эффекты масштабов).

К первой группе необходимо отнести использование различных вторичных энергетических потоков и энергоресурсов, энерготехнологическое комбинирование. В первую очередь это касается промышленных энерготехнологических комплексов, хотя сюда также необходимо отнести и комбинированное производство тепловой и электрической энергии (когенерацию). Это приведет к вопросу выбора источника энергии – организовать свое производство энергии или использовать централизованные системы теплоэнергоснабжения (вопрос, который связан в том числе и с возможностями использования возобновляемых источников энергии и новых источников энергии).

Вторая группа включает в себя оптимизацию геометрических параметров рабочей камеры, пространственное энерготехнологическое комбинирование. К пространственному типу резервов мы относим повышение эффективности использования ресурсов за счет факторов размеров, топологии систем, территориального комбинирования. Примеры этого можно видеть в самых разных сферах: падение удельных затрат на отопление при росте размеров зданий разного назначения, пороги роста энергоэффективности централизованных систем теплоснабжения с увеличением их размеров.

Термодинамическую природу имеет еще один тип резервов – использование скрытой (неявной) энергии. Это может быть энергия химических превращений, фазовых переходов и др. Поскольку вторичные энергетические потоки не всегда бывают явными, использование скрытой энергии (полной внутренней энергии вещества) относят, как правило, к отдельному типу резервов (технологии ресурсоиспользования, использование вторичных энергоресурсов). Это, например,

использование металлолома в конверторах, "горячий посад" в нагревательных печах металлургии, применение утилизационных бескомпрессорных турбин, детандер-генераторов для использования избыточного давления газов и пр. [42]

Наличие и виды резервы выясняются на стадии эксплуатации, но все вышеперечисленные принципы образования резервов необходимо учитывать при проектировании технологии и сооружений.

#### 4.3.1. Проектирование технологии и сооружений

Как показывает практика, в случае рассмотрения вопросов энергоэффективности на этапах планирования или проектирования нового объекта потенциал энергосбережения оказывается выше, а соответствующие инвестиции значительно ниже, чем при оптимизации энергоэффективности предприятия в процессе коммерческой эксплуатации. Эта закономерность проиллюстрирована на рисунке 4.16.



Рисунок 4.16. Потенциал энергосбережения и соответствующий объем инвестиций на этапах проектирования и эксплуатации

При выборе (проектировании) теплообменных процессов необходимо учитывать возможности загрязнения поверхностей теплообменного оборудования, а также принять во внимание тот факт, что теплообменник с высоким расчетным (конструктивным) значением коэффициента теплопередачи значительно более чувствителен к загрязнению, чем теплообменник с низким расчетным коэффициентом теплопередачи (т.е. его коэффициент теплопередачи при одном и том же уровне

загрязнения уменьшается на большую долю). Также необходимо рассмотреть возможность проведения мероприятий по предотвращению образования накипи, загрязнения (применение осветлительных фильтров, инерционно-гравитационных грязевиков, комплексонов в водно-химическом режиме, акустических противонакипных устройств и т.п.).

Необходимым условием обеспечения эффективности оборудования является создание системы, позволяющей обеспечить работу оборудования в номинальных режимах, т.е. при проектировании выбирать оборудование в соответствии с расчетной нагрузкой; при работе с переменными нагрузками обеспечить техническую возможность эффективно работать в соответствии с изменяющейся нагрузкой; для сложных систем с разнотипным оборудованием должна быть предусмотрена возможность использовать оборудование, наиболее эффективное в конкретный период работы.

Предлагаемые техники (инструменты) описаны в разделах 4.3.1.1, 4.3.1.2, 4.3.1.3 и 4.3.1.4.

Энергоэффективное проектирование

#### **Описание**

На этапе планирования строительства нового предприятия или установки, либо крупной реконструкции существующих объектов следует оценить затраты, связанные с энергопотреблением производственных процессов, оборудования и вспомогательных систем на протяжении всего срока службы объекта. Во многих случаях может выясниться, что затраты, связанные с энергопотреблением, составляют значительную часть совокупной стоимости, рассчитываемой для всего срока службы предприятия и установки. Соответствующие примеры для типичного промышленного оборудования приведены на следующей схеме:

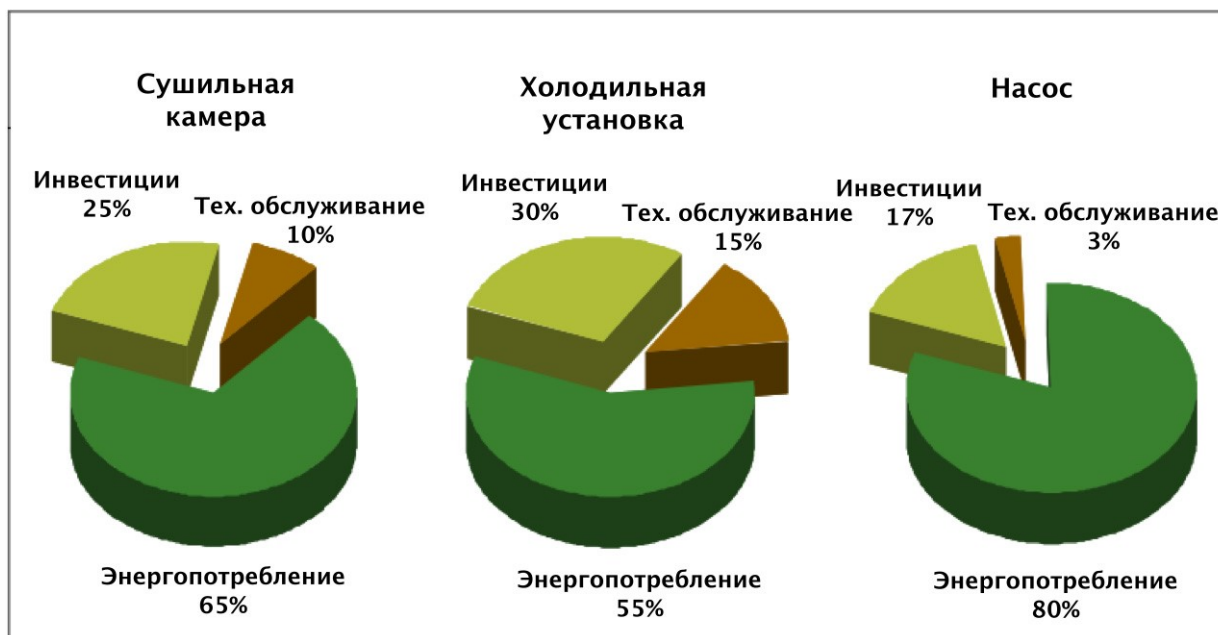


Рисунок 4.17. Затраты, связанные с энергопотреблением, для типичного промышленного оборудования

В процессе энергоэффективного проектирования используются те же самые технические знания, подходы и методы, что и в процессе энергоаудита на существующих предприятиях. Важнейшее отличие состоит в том, что на этапе проектирования существует возможность выбора в таких областях, как основные проектные параметры установки, используемый производственный процесс, основное производственное оборудование и т.д. Это делает возможным выбор наиболее энергоэффективных технологий. Осуществление подобных изменений на действующем предприятии, как правило, является невозможным или крайне затратным.

### **Техническое описание**

Типичные примеры областей, которые могут быть проанализированы на этапе проектирования с точки зрения снижения потребностей в энергии:

требования к потоку воздуха в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (далее – ОВКВ): что можно сделать для того, чтобы уменьшить расход воздуха в централизованной системе ОВКВ;

требования к температуре охлаждающего раствора в системе охлаждения: какие процессы могут быть изменены или оптимизированы с целью снижения нагрузки на систему охлаждения и повышения температуры раствора;

расход тепла в процессе сушки: какие параметры процесса и принципы его организации можно изменить для того, чтобы свести к минимуму расход тепла;

потребность предприятия в паре: возможно ли использовать горячую воду в производственном процессе таким образом, чтобы отходящее тепло можно было бы использовать на отопление;

требования к давлению сжатого воздуха: можно ли снизить требуемое давление или разделить систему на системы высокого и среднего давления.

Ответ на эти вопросы может не представлять трудностей, но для выявления полного потенциала энергосбережения необходимо рассмотрение целого ряда подобных вопросов.

Практика показывает, что процессы планирования и проектирования отличаются интенсивностью и часто осуществляются в соответствии с жестким графиком, не оставляющим дополнительного времени (или ресурсов) для анализа потенциала энергосбережения. Поэтому рабочий процесс энергоэффективного проектирования (далее – ЭЭП) должен быть тесно интегрирован с этапами процесса планирования и проектирования, как показано в таблице:

Таблица 4.8. Этапы энергоэффективного планирования и проектирования

№ п/п	Этап проектного цикла	Задачи ЭЭП
1	Концептуальное/ базовое проектирование	активный сбор данных относительно энергопотребления проектируемого объекта; оценка реальных потребностей в энергии; оценка общих затрат, связанных с энергией, на протяжении жизненного цикла объекта; анализ основных проектных параметров, влияющих на энергопотребление; выявление ключевых лиц и сторон, влияющих на энергоэффективность проектируемого объекта; минимизация потребностей в энергии; учет в проекте наилучших доступных технологий
2	Детальное проектирование	проектирование основных и вспомогательных процессов и систем; оценка потребностей в КИПиА; интеграция процессов и проектирование систем теплообмена между процессами (пинч-анализ); минимизация потерь давления, тепловой энергии и т.д.; выбор энергоэффективных двигателей, приводов, насосов и т.д.;

		включение дополнительных спецификаций, касающихся энергоэффективности, в материалы для тендеров
3	Тендерный процесс	работа с участниками тендеров и поставщиками с целью получения более энергоэффективных решений; контроль качества проектных решений и спецификаций для тендеров
4	Строительно-монтажные работы	контроль соответствия характеристик устанавливаемого оборудования условиям тендеров
5	Ввод в эксплуатацию	оптимизация основных и вспомогательных процессов и систем в соответствии со спецификациями
6	Эксплуатация	энергоаудиты; менеджмент энергоэффективности

"Оценка реальных потребностей в энергии" является важнейшим элементом ЭЭП, позволяющим определить те области, на которые будут направлены основные усилия в ходе последующих этапов планирования и проектирования. В принципе, предлагаемая последовательность шагов может использоваться как при проектировании сложных производственных предприятий, так и при закупке несложного оборудования. Необходимо заранее выявлять планируемые и включаемые в бюджет крупные инвестиции, например, в ходе ежегодного анализа со стороны руководства, и определять связанные с ними потребности в энергоэффективном проектировании.

Рекомендуется организовывать работы по ЭЭП в несколько этапов, например: оценка данных по энергопотреблению и определение приоритетных областей; минимизация потребностей в энергии и применение НДТ; вклад в выработку проектных решений, включая решения по системам КИПиА; оценка качества организации тендеров; деятельность на этапе реализации проекта.

Каждый этап работ должен завершаться представлением конкретных результатов, позволяющих компании-оператору выбрать приоритетные области для дальнейшего анализа.

Для обеспечения наилучших возможных результатов процесса ЭЭП целесообразно следовать нижеприведенным принципам:

несмотря на то, что многие параметры предполагаемых инвестиций еще не определены в начале этапа концептуального/базового проектирования, деятельность по

ЭЭП должна начинаться именно в этот период, что поможет обеспечить максимальный экономический эффект и не задерживать дальнейший процесс проектирования;

все данные по энергопотреблению и соответствующим затратам в течение всего срока службы проектируемого объекта должны быть рассчитаны или получены в начале этапа концептуального/базового проектирования. Крайне важно, чтобы все данные по энергопотреблению были представлены для оценки лицу или организации, ответственным за ЭЭП. Часто поставщики и производители не имеют возможности (или отказываются) предоставить данные на этом этапе; в таком случае необходимые параметры должны быть оценены другими средствами. Сбор данных может осуществляться в рамках процесса проектирования или отдельно от него;

в качестве консультанта, осуществляющего деятельность по ЭЭП, необходимо привлекать компанию, независимую от проектной организации, в особенности, при проектировании производств, характеризующихся невысоким уровнем энергоемкости;

помимо конечных потребителей энергии, в ходе начального картирования энергопотребления необходимо выявить в организациях, имеющих отношение к проекту, стороны, способные повлиять на энергопотребление будущего объекта. Например, персонал (в т.ч. эксплуатационно-технический) существующего предприятия нередко участвует в определении важнейших проектных параметров, от которых зависит энергоэффективность будущего объекта;

в материалах по оценке рисков, связанных с тендерами, и других документах должно быть указано, какие производители могут быть не заинтересованы в оптимизации энергоэффективности своей продукции, поставляемой для проектируемого предприятия. Например, в условиях острой ценовой конкуренции производители оборудования часто вынуждены применять дешевые компоненты, сводить к минимуму использование теплообменников и т.д., что приводит к повышению общих эксплуатационных затрат в течение всего срока службы оборудования;

с другой стороны, определение энергоэффективности в качестве одного из важнейших факторов, учитываемых в тендерном процессе при строительстве новых или реконструкции существующих объектов, и придание ей соответствующего уровня важности в числе приоритетов предприятия будет способствовать отбору наиболее энергоэффективных вариантов.

Важно отметить, что деятельность по ЭЭП во многих случаях носит междисциплинарный характер, и эксперт по энергетике (независимый или внутренний) должен не только располагать необходимыми техническими знаниями, но и иметь значительный опыт работы со сложными организациями и решением сложных технических проблем.

### **Достигнутые экологические выгоды**

С методологией ЭЭП связан максимальный потенциал энергоэффективности в промышленности. Она также создает возможности для применения энергоэффективных решений, внедрение которых на существующих предприятиях может оказаться невозможным. Во многих проектах достигаются объемы энергосбережения, составляющие 20 – 30 % от общего энергопотребления. Эти величины значительно превосходят то, что может быть достигнуто в результате внедрения энергосберегающих мероприятий по результатам энергоаудитов на действующих предприятиях.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Зависят от конкретного объекта.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Не ожидается.

Существенным препятствием для ЭЭП является тот факт, что многие производители (в особенности, производящие продукцию для неэнергоемких отраслей) занимают консервативную позицию, не желая менять традиционную конструкцию выпускаемой продукции, изменять условия гарантии и т.д. С другой стороны, часто бывает невозможно заранее предвидеть все последствия изменений, например, для качества продукции или ее производительности. Некоторые системы менеджмента, например, TQM (далее – всеобъемлющий менеджмент качества), не допускают изменений, потенциально способных негативно повлиять на качество продукции.

Дополнительными преимуществами в результате использования ЭЭП могут быть повышение производительности установки, сокращение объемов образования отходов, а также повышение качества продукции.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо на любых установках.

Практика показывает, что энергоэффективное проектирование обеспечивает наибольшую отдачу в случае нового строительства или крупной реконструкции. Однако это не должно служить препятствием для применения данного метода при планировании модернизации, реконструкции или капитального ремонта существующих объектов. Там, где на предприятии или установке присутствуют как горячие, так и холодные потоки, ответ на некоторые из значимых вопросов может быть получен при помощи пинч-анализа (см. раздел 4.2.2.2).

#### **Экономика**

Зависит от конкретной установки.

В целом, соотношение совокупных социально-экономических выгод к издержкам, связанным с внедрением энергосберегающих мероприятий, при повышении энергоэффективности посредством ЭЭП оказывается в 3–4 раза выше, чем в случае традиционных энергоаудитов.



Стоимость услуг независимых консультантов может находиться в диапазоне 0,2–1 % от стоимости предполагаемых инвестиций в зависимости от масштабов и характера энергопотребления предприятия. В том случае, если ЭЭП выполняется производителем приобретаемой установки или собственными экспертами заказчика, оценка соответствующих затрат затруднительна.

Во многих случаях ЭЭП приводит не только к сокращению энергозатрат, но и к снижению инвестиций, позволяя снизить проектную мощность основных энергосистем (охлаждения, отопления, обеспечения сжатым воздухом и т.д.).

Было продемонстрировано, что хорошо спроектированное производственное предприятие часто характеризуется не только большим уровнем эффективности, но и большей производительностью, чем предприятие, спроектированное традиционным образом, поскольку высокий уровень потерь приводит к непроизводительному использованию части мощностей.

#### **Движущая сила внедрения**

Основными мотивами для использования ЭЭП являются:

снижение эксплуатационных затрат;

возможность применения новых технологий (НДТ);

повышение общего качества проектирования вследствие использования передовых методик проектирования и дополнительных данных.

**Справочная информация:** BREF EC 2.3.

#### **4.3.1.1. Выбор технологии производственного процесса, оптимизация и управление термодинамическими параметрами процессов**

##### **Описание**

Выбор энергоэффективной технологии для производственного процесса является важнейшим элементом энергоэффективного проектирования, заслуживающим особого внимания, поскольку возможность выбора технологии, как правило, представляется лишь при строительстве нового или масштабной модернизации существующего предприятия. Во многих случаях наибольший потенциал энергосбережения связан именно с выбором оптимальной технологии. При этом рекомендуемой практикой является учет научно-технических достижений в рассматриваемой области.

К построению технологических процессов можно сформулировать следующие обобщающие требования:

использование рационального количества шихтовых материалов и топлива;

минимизация всех отходов и их вторичное использование;

уменьшение расходов энергии на всех этапах технологии.

Эти требования выполняются за счет:

подбора рациональных величин расходных коэффициентов сырья, топлива, добавок

;

обеспечения минимальной температуры процесса, минимального времени протекания процесса, установление рациональной величины давления;

отработки оптимальных схем ведения процесса;

создания непрерывных процессов, уменьшающих число основных и вспомогательных операций;

контроля, автоматизации и механизации процессов;

корректировки технологических параметров для уменьшения энергопотребления.

Аналогичные требования можно сформулировать и для оборудования:

ведение процессов в закрытых агрегатах;

наличие в агрегатах минимального количества основных и вспомогательных отверстий;

наличие специальных устройств для подачи сыпучих материалов;

проектирование минимального количества единиц оборудования для ведения процесса;

создание агрегатов непрерывного действия с минимальным количеством вспомогательных устройств и механизмов для загрузки материалов, металла, ведения процесса выгрузки готовой продукции;

разработка надежного сочленения вспомогательных устройств и механизмов с промышленными агрегатами;

монтаж минимального количества теплогенерирующих устройств и обеспечение надежной конструкции дымоотводов.

Поскольку сформулировать общие рекомендации по выбору технологий для всех секторов представляется затруднительным, для лучшего понимания приведено три примера предприятий различных отраслей:

Использование катализа в химических реакциях. Применение катализаторов позволяет уменьшить энергию активации и, в зависимости от конкретной реакции, снизить потребность в подведении тепловой энергии к процессу. Катализ используется в промышленности на протяжении многих лет, однако во многих областях продолжают активные исследования. В настоящее время значительный интерес вызывают биотехнологические подходы (биокатализ) и их возможная роль в производстве органических соединений, фармацевтических препаратов, биотоплива и т.д.

Использование красок и окрасочных систем с радиационным отверждением вместо традиционных систем, основанных на использовании растворителей.

Использование теплообмена при организации напольного отопления помещений в животноводстве.

### **Техническое описание**

Зависит от конкретного процесса и объекта.

При выборе технологии производственного процесса важно учитывать термодинамические параметры, возможности их оптимизации и необходимости управления параметрами процессов.

Управляемыми термодинамическими параметрами являются:

Температура. Оптимальное значение температуры в технологическом процессе обеспечивает:

уменьшение процессов испарения жидких фаз и формирования аэрозолей, удаляемых из агрегатов;

уменьшение температуры промежуточных, конечных продуктов, отходов, что уменьшает затраты энергии на их охлаждение;

сокращение расходов на теплоизоляционные материалы на поддержание необходимой температуры в агрегатах;

снижение расхода энергии на ведение технологического процесса;

снижение расхода дополнительной энергии на поддержание микроклимата в помещении для обслуживающего персонала.

Давление. Соблюдение оптимального давления в агрегатах:

снижает приток холодного воздуха в агрегаты, что исключает необходимость затрат на дополнительное тепло и энергию для поддержания необходимой температуры в агрегате;

уменьшает потери промежуточной и конечной продукции при ее движении в промежуточных и конечных операциях;

позволяет регулировать расход электроэнергии.

Из-за нарушения оптимального режима давления, например, происходит увеличение объема газа, что приводит к дополнительным затратам энергии на дымососы, усложняется каталитическая очистка газа.

Время ведения процесса. Сокращение времени ведения технологических циклов дает возможность:

уменьшить затраты тепла и энергии на ведение процесса;

регулировать расход энергии на загрузку материалов, выдачу готовой продукции.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Зависят от конкретного процесса: замена технологии может привести к значительному энергосбережению, а также создать условия для ведения технологического процесса с минимальным образованием вредных соединений, сокращению образования отходов и/или использования опасных веществ, снижению загрязнения окружающей среды, связанного с использованием растворителей и т.д.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Зависят от конкретного объекта.

### **Кросс-медиа эффекты**

Зависят от конкретного процесса.

Технические соображения, касающиеся применимости

Зависят от конкретного процесса и объекта.

### **Экономика**

Зависят от конкретного процесса.

### **Движущая сила внедрения**

Зависят от конкретного процесса. В качестве возможных вариантов можно назвать снижение затрат, повышение производительности, более высокое качество продукции (например, стереоспецифичность), сокращение объемов образующейся побочной продукции, меньшая степень токсичности отходов и т.д.

**Справочная информация:** BREF EC 2.3.1.

## **4.3.1.2. Повышение степени интеграции технологических процессов, энерготехнологическое комбинирование**

### **Описание**

Повышение степени интеграции технологических процессов или энерготехнологическое комбинирование – это более эффективное использование энергии и других ресурсов посредством оптимизации их использования в рамках более, чем одного процесса или системы. Применяется в случаях, когда тепловые процессы идут с выделением или поглощением тепла.

В настоящее время химическая промышленность позволяет пересмотреть подходы к формированию современных технологических процессов с целью уменьшения или исключения традиционного топлива из технологического цикла и сокращения выбросов галогенных углеводородов и других соединений. Поставленную задачу можно решить, если генератором энергии будет один из исходных материалов, при производстве которого выделяется тепло. Это тепло следует использовать для основных химических реакций, куда нужно подавать тепло. В этом случае необходимо:

1. Оценивать характер химических реакций, протекающих при образовании исходных и конечных материалов. Оценить тепловые потенциалы исходных материалов и процесса получения конечных продуктов.

2. Сочетать использование исходных материалов и формирование конечного продукта таким образом, чтобы при получении исходного материала шли процессы выделения тепла, а при получении конечных материалов – поглощение тепла, в результате чего отпадает необходимость в дополнительном топливе.

3. Проектировать получение исходных материалов и конечных продуктов в одной технологической схеме и на одном производственном комплексе.

4. Использовать все тепло, полученное при образовании исходного материала как для подогрева всех компонентов конечных химических реакций, так и для ведения основного технологического процесса.

5. Создавать оборудование и технологии для реализации изложенной схемы процесса.

В металлургии перевод производства водорода на метод парового каталитического риформинга природного газа является существенно более эффективным способом по сравнению с классическим производством водорода методом электролиза воды, удельные энергозатраты, которые могут быть до 4-х раз меньше затрат при электролизе

В целлюлозно-бумажной промышленности перспективным является не просто модернизация существующего производства, а преобразование целлюлозных заводов в интегрированные предприятия по комплексной биохимической переработке лесного сырья с выпуском новых видов продукции (био-рефайнинг).

### **Техническое описание**

Зависит от конкретного процесса и объекта.

К примеру, по традиционной схеме получения серной кислоты избыточная теплота образуется в каждом промежуточном цикле производства. Это относится к процессу сжигания серы или серного колчедана, получению серного и сернистого ангидрида.

Из теплового баланса получения серной кислоты видно, что при сжигании серы образуется  $650 \times 10^3$  ккал тепла, при этом для формирования  $SO_3$  необходимо  $219 \times 10^3$  ккал тепла. В контактной башне образуется серная кислота, которая содержит только  $50 \times 10^3$  ккал тепла. Другими словами, в процессе получения  $SO_3$  образуется достаточно большое количество избыточного тепла.

Известно, что серная кислота является начальной составляющей производства соляной кислоты. Если получение серной кислоты достаточно сложный процесс, требующий большой территории, то для получения соляной кислоты достаточно одной муфельной печи.

При совместном производстве двух указанных кислот в одном производственном цикле, на одной территории можно использовать избыточное тепло серноокислотного производства для получения соляной кислоты. Такой принцип построения технологий позволяет соединять эндо- и экзотермические процессы, исключая при этом использование топлива или существенно сократить его потребление.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Одно или несколько из следующих:

повышение энергоэффективности;

повышение использования других ресурсов, включая сырье, воду (например, охлаждающую или деминерализованную), а также энергоресурсы;

снижение выбросов, сбросов, загрязнения почв и объемов образования отходов.

Возможны и другие преимущества, в зависимости от специфики конкретного предприятия.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Зависят от конкретного объекта.

### **Кросс-медиа эффекты**

Предположительно отсутствуют.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Подход широко применим, в особенности в условиях, когда производственные процессы уже взаимосвязаны. Однако возможности для улучшения зависят от конкретной ситуации.

В контексте интегрированного производства (комбината) следует иметь в виду, что изменения на одном производстве могут повлиять на характеристики другого производства. Это может иметь место и в случае изменений, продиктованных природоохранными соображениями.

### **Экономика**

Экономический эффект сбережения энергии, сырья и других ресурсов зависит от конкретных условий.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение затрат и другие преимущества, специфичные для конкретного предприятия.

**Справочная информация:** BREF ЕС 2.4, ИТС 48-2017, гл. 4.6.

### **4.3.1.2. Работа агрегатов и систем в номинальных режимах.**

#### **Описание**

Номинальный режим в теории – такой режим работы машин и оборудования, при котором они могут наиболее эффективно работать на протяжении неограниченного времени (более нескольких часов). Реальные режимы энергопотребления и загрузки промышленного оборудования часто характеризуются как суточной, так и сезонной неравномерностью.

Необходимым условием эффективности является создание системы, позволяющей обеспечить работу оборудования в номинальных режимах, т.е. при проектировании выбирать оборудование в соответствии с расчетной нагрузкой; при работе с переменными нагрузками должна быть обеспечена техническая возможность эффективной эксплуатации его в соответствии с изменяющейся нагрузкой, а для сложных систем с разнотипным оборудованием – возможность использования оборудования, наиболее эффективного в конкретный период производства.

Номинальный режим может отличаться от оптимального. Известно, что при проектировании часто закладывается некий "запас", поэтому важно анализировать фактические графики энергопотребления конкретного промышленного предприятия и отдельных агрегатов.

Выход за расчетные режимы, или "энергетические патологии" приводят к снижению, как правило, не только КПД, но и надежности эксплуатации оборудования. Работа оборудования в номинальном режиме имеет особое значение не только для отдельных агрегатов или предприятий, но и для энергосистем в целом. Например, лишение ТЭЦ проектных тепловых нагрузок (прежде всего уход промышленных

потребителей) сразу снижает эффективность работы как самой теплоцентрали, так и всей системы централизованного теплоснабжения.

### **Техническое описание**

#### **Электроэнергия**

Реальные групповые графики потребления электроэнергии чаще бывают, как правило, периодическими, т.е. для них характерна повторяемость нагрузки в течение разных смен в определенные временные интервалы; выделяют суточные (сменные) и годовые (по месяцам) графики.

Наряду с физическими величинами графики нагрузки описываются безразмерными коэффициентами. Например, коэффициент формы графика равен отношению среднеквадратичного тока (или среднеквадратичной мощности) приемника или группы приемников за определенный период времени к его среднему значению за тот же период времени и характеризует неравномерность графиков нагрузки и использование электроприемников и потребителей электроэнергии по мощности и времени. Коэффициент прямо пропорционален величине потерь мощности и энергии в элементах системы электроснабжения потребителя.

Например, режим работы насосного агрегата привода нефтедобывающего станка-качалки характеризуется периодическим графиком нагрузки. Коэффициент формы такого графика составляет около 2-х, что приводит к высоким потерям мощности и энергии в элементах электроснабжения данной установки. Поэтому, с целью снижения потерь, к одному источнику питания (трансформатору) подключают несколько таких агрегатов, в результате чего выравнивается групповой график нагрузки.

В условиях низкой загрузки элементов системы электроснабжения промышленного предприятия возрастают относительные потери мощности и энергии. Например, независимо от мощности конкретного трансформатора, зависимость КПД от коэффициента загрузки имеет максимум, находящийся в среднем на уровне около 45 % от номинальной (на трансформаторах максимум КПД выражен сравнительно слабо, т. е. он сохраняет высокое значение в довольно широком диапазоне изменения нагрузки).

Одной из мер энергосбережения при наличии нескольких трансформаторов будет определение оптимального количества работающих трансформаторов, другой – оптимизация загрузки трансформаторов, путем перераспределения нагрузок таким образом, чтобы КПД установленных трансформаторов был максимальным.

Потери мощности и энергии в трансформаторах определяются соотношением потерь холостого хода и короткого замыкания в них, а также режимом работы потребителя. На рынке представлены трансформаторы с различным соотношением потерь холостого хода и короткого замыкания, и при выборе определенного типа

трансформатора на стадии проектирования или при модернизации оборудования необходимо учитывать, как эти характеристики, так и показатели режима работы потребителя.

#### Теплоэнергетика

Распространенной проблемой является нарушение расчетного режима работы теплообменного оборудования вследствие его загрязнения при высоком содержании в воде накипеобразующих солей и продуктов коррозии. При этом снижается коэффициент теплопередачи, а значит, расчетная тепловая нагрузка обеспечивается только при повышенном расходе греющей сетевой воды. Циркуляция увеличенного расхода теплоносителя вызывает рост тепловых потерь. То же относится и к любым другим теплопередающим поверхностям технологических аппаратов.

Поэтому необходимо регулярно проводить чистку загрязненных поверхностей и рассмотреть возможность проведения мероприятий по предотвращению загрязнения (применение осветлительных фильтров, инерционно-гравитационных грязевиков, комплексонов в водно-химическом режиме, акустических противонакипных устройств и т.п.).

При подборе (проектировании) оборудования необходимо учитывать возможность загрязнения, а также то, что теплообменник с высоким расчетным (конструктивным) значением коэффициента теплопередачи значительно более чувствителен к загрязнению, чем теплообменник с низким его значением (т.е. его коэффициент теплопередачи при одном и том же загрязнении значительно уменьшается).

#### Теплоснабжение

Ниже приведен пример использования оборудования, наиболее эффективного в конкретный период работы. В системе теплоснабжения, включающей ТЭЦ и котельные, дополнительная тепловая нагрузка может обеспечиваться как от котельных, так и от ТЭЦ, причем в последнем случае удельный расход топлива существенно ниже. Необходимо отметить, что энергосберегающий потенциал ТЭЦ общего пользования в настоящее время практически не используется.

Исторически ТЭЦ строились в центрах нагрузок – рядом с промышленными узлами, чтобы в наиболее эффективном когенерационном цикле производить тепловую и электрическую энергии с экономией топлива по сравнению с отдельной выработкой этих видов энергии. Однако существующие правила обязывают ТЭЦ поставлять электроэнергию не близлежащим потребителям, то есть на локальном рынке, а формально на оптовом рынке. Вследствие этого ТЭЦ, проигрывая по цене, теряют в первую очередь промышленных потребителей, которые вынуждены отвлекать инвестиции на строительство собственных ТЭЦ, мощности которых они не обязаны выводить на оптовый рынок. В конечном итоге, работая с теми же циклами, что и ТЭЦ общего пользования, промышленные предприятия вырабатывают для своих производственных нужд электроэнергию с себестоимостью в 2 раза ниже, чем у ТЭЦ.



Причина этого – в отсутствии транспортной составляющей в себестоимости энергии. Уход промышленных потребителей приводит к работе ТЭЦ в нерасчетных режимах с высокими удельными затратами топлива.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Повышение энергоэффективности.

Повышение использования других ресурсов, включая сырье, воду (например, охлаждающую или деминерализованную), а также энергоресурсы.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Зависят от конкретного объекта.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Как предполагается, отсутствуют.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Подход широко применим, однако возможности для улучшения зависят от конкретной ситуации.

#### **Экономика**

Экономический эффект сбережения энергии, сырья и других ресурсов зависит от конкретных условий.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение затрат и другие преимущества, в зависимости от специфики конкретного предприятия.

**Справочная информация:** ИТС 48-2017, гл. 4.7.

### **4.3.2. Теплотехнологические и энерготехнологические агрегаты**

Наибольший потенциал энергосбережения может быть реализован посредством рассмотрения установки как единого целого и оценки потребностей и способов применения составляющих ее систем, их энергопотребления и способов их взаимодействия (см. 4.2.1, 4.2.2).

Системы, которые при оптимизации энергоэффективности должны рассматриваться как единое целое, включают, в частности:

системы, входящие в состав основного производственного оборудования (см. отраслевые справочные документы);

сжигание топлива (см. BREF ЕС раздел 3.1), в т.ч. когенерация (BREF ЕС 3.4, 4.3.4)

системы теплоснабжения, например: паровые (см. BREF ЕС раздел 3.2) и водяные;

системы утилизации тепла (см. BREF ЕС раздел 3.3);

вакуумные системы и системы охлаждения (см. справочный документ по промышленным системам охлаждения);

системы с электроприводом, в частности: системы сжатого воздуха (см. BREF ЕС раздел 3.7) и насосные системы (см. BREF ЕС раздел 3.8);

осветительные системы (см. BREF ЕС раздел 3.10);

системы сушки, сепарации и концентрации (см. BREF ЕС раздел 3.11).

Масштаб и характер применения систем (например, степень детальности, периодичность мероприятий по оптимизации, выбор взаимосвязанных систем) зависят от характера, масштаба и сложности установки, энергопотребления отдельных систем и технологических процессов, входящих в ее состав, а также рассматриваемых методов оптимизации энергоэффективности.

## **5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник**

Примечание. Общими наилучшими доступными техниками являются по определению методы, практики, подходы и решения, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду, которые не требуют технического переоснащения, реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Это определение действует для новых объектов. В случае же существующих объектов даже изменение системы управления или внесение операционных изменений может повлечь за собой дополнительные расходы. Следовательно, для существующих объектов масштаб и характер применения НДТ зависят от характера, масштаба и сложности объекта, энергопотребления его систем и технологических процессов, а также рассматриваемых методов оптимизации энергоэффективности.

### **5.1. Организационные меры**

Ключевым элементом обеспечения энергоэффективности на уровне установки являются подходы, направленные на создание соответствующей системы менеджмента. Другие НДТ, применимые на уровне установки, вносят вклад в менеджмент энергоэффективности и позволяют получить больше информации о конкретных инструментах, необходимых для достижения поставленных целей. Эти методы применимы к любым типам установок. Масштабы применения и конкретные применяемые методы определяются масштабом и сложностью установки, а также энергопотреблением отдельных систем, входящих в ее состав.

#### **НДТ 1. Менеджмент энергоэффективности**

НДТ состоит во внедрении и поддержании функционирования системы менеджмента энергоэффективности (далее – СМЭЭ). Функционирование СМЭЭ может быть обеспечено посредством реализации в составе существующей системы менеджмента (например, системы экологического менеджмента, далее – СЭМ) или создания отдельной системы менеджмента энергоэффективности. В состав СМЭЭ входят, в той мере, в какой это применимо к конкретным условиям, следующие элементы (см. раздел 4.2.3):

приверженность высшего руководства в отношении системы менеджмента энергоэффективности на уровне предприятия:

политика энергоэффективности для установки, утвержденная высшим руководством предприятия;

планирование, а также определение целей и задач (см. НДТ 2, 3.1 и 5);

разработка и соблюдение процедур, уделяющих особое внимание следующим вопросам:

1) организационная структура и ответственность персонала;

2) его обучение, повышение компетентности (см. НДТ 10);

3) обеспечение внутреннего информационного обмена с максимальным привлечением соответствующих средств коммуникации (собрания, совещания, электронная почта, информационные стенды, производственная газета и др.);

4) вовлечение персонала в мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности;

5) ведение документации;

6) эффективный контроль производственных процессов (см. НДТ 11);

7) программы технического обслуживания оборудования (см. НДТ 12);

8) готовность к чрезвычайным ситуациям;

9) обеспечение соответствия законодательным требованиям в области энергоэффективности и соответствующим соглашениям (если таковые существуют);

сравнительный анализ, который включает определение внутренних показателей энергоэффективности и их периодическую оценку (см. НДТ 5), а также систематическое и регулярное сопоставление их с отраслевыми и другими подтвержденными данными (см. НДТ 6);

оценка результативности ранее выполненных и внедрения корректирующих мероприятий, уделяющих особое внимание следующим вопросам: мониторинг и измерения; корректирующие и профилактические действия; ведение документации; независимый (там, где это возможно) внутренний аудит с целью оценки соответствия системы установленным требованиям, результативности ее внедрения и поддержания ее на соответствующем уровне (см. НДТ 3.1 и 3.2);

регулярный анализ СМЭЭ со стороны высшего руководства на соответствие целям, адекватности и результативности;

при проектировании новых установок и систем учитывать возможное воздействия на окружающую среду, связанное с последующим выводом их из эксплуатации;

разработка собственных энергоэффективных технологий и отслеживание достижений в области методов обеспечения энергоэффективности за пределами предприятия.

СМЭЭ может включать следующие дополнительные элементы:

подготовка и публикация периодической декларации по энерго-эффективности (с внешним подтверждением или без такового), позволяющей ежегодно сравнивать достигнутые результаты с поставленными целями и задачами;

регулярная внешняя проверка и подтверждение (сертификация) системы менеджмента и процедуры аудита;

внедрение и функционирование СМЭЭ, соответствующей добровольным стандартам, принятым на национальном или международном уровне.

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Область применения и особенности конкретной СМЭЭ (например, степень детальности) определяется характером, масштабом и уровнем сложности установки, а также энергопотреблением составляющих ее технологических процессов и систем.

Компонент СМЭЭ/СЭМ: планирование и определение целей и задач.

НДТ 2. Постоянное улучшение экологической результативности

НДТ состоит в постоянном сведении к минимуму воздействия установки на окружающую среду посредством комплексного планирования мероприятий и инвестиций на кратко-, средне- и долгосрочную перспективу с учетом экономической целесообразности, а также взаимосвязи между воздействиями на различные компоненты окружающей среды.

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок.

"Постоянное" (или последовательное) означает, что деятельность по снижению воздействия не прекращается при достижении определенного уровня результативности, т.е., при разработке планов, программ и инвестиционных решений необходимо принимать во внимание общую долгосрочную цель снижения воздействия деятельности на окружающую среду. В некоторых случаях постоянное улучшение предполагает отказ от краткосрочных результатов с целью более эффективного использования имеющихся ресурсов для достижения долгосрочных целей. Например, изменение основного технологического процесса может потребовать больше времени и ресурсов, чем краткосрочные мероприятия, но в результате обеспечить большее сокращение энергопотребления и выбросов.

Повышение экологической результативности с течением времени не обязательно носит линейный характер, т.е. далеко не всегда удастся обеспечить, например, 2 % дополнительного ежегодного энергосбережения на протяжении 10 лет. Повышение результативности может носить нерегулярный и ступенчатый характер, в виде инвестиций в проекты по повышению энергоэффективности, действие других факторов. Кроме того, может сыграть свою роль взаимосвязь между различными составляющими экологической результативности: например, дополнительное снижение выбросов в атмосферу может потребовать увеличения энергопотребления.

Воздействие на окружающую среду на данном этапе развития техники устранить полностью невозможно, и в отдельные моменты времени может возникнуть ситуация, когда стимулы для дальнейшей деятельности в этом направлении незначительны или отсутствуют. Однако с течением времени, по мере развития технологий и изменения уровня затрат (например, в результате изменения цен на энергию) степень целесообразности тех или иных мер может измениться.

НДТ 3. Выявление аспектов энергоэффективности установки и возможностей для энергосбережения

Оптимизация энергоэффективности требует выявления и количественного выражения аспектов деятельности установки, влияющих на энергоэффективность последней. Эта информация является основой для выявления, количественной оценки, определения относительного приоритета и реализации возможностей энергосбережения в соответствии с НДТ 2.

3.1. НДТ состоит в выявлении аспектов установки, влияющих на ее энергоэффективность, посредством организации аудита. Существенным является соответствие аудита принципам системного подхода (см. НДТ 4).

НДТ при проведении аудита состоит в выявлении следующих аспектов:

характер энергопотребления установки, а также систем и процессов, входящих в ее состав;

энергопотребляющее оборудование, а также тип и количество энергии, потребляемой этим оборудованием;

возможности минимизации энергопотребления (см. НДТ для энергопотребляющих систем в гл. 5.2), например, контроль/сокращение времени работы оборудования, например, отключение неиспользуемого оборудования; оптимизация теплоизоляции; оптимизация энергохозяйства, инженерных сетей, а также связанных с ними систем, технологических процессов и оборудования.

возможности использования более эффективных альтернативных источников энергии, в частности, избыточной энергии от других процессов и/или систем (см. раздел 5.2.3);

возможности использования образующейся избыточной энергии в других процессах и/или системах (см. раздел 5.2.3);

возможности повышения качества тепловой энергии (см. раздел 5.2.3).

Применимость: внедрение возможно на всех видах существующих установок, в т.ч. на установках, в отношении которых планируется реконструкция или модернизация. Аудит может быть внешним или внутренним.

Задачи и особенности аудита (например, степень детальности или периодичность проведения аудитов) определяются характером, масштабом и уровнем сложности установки, а также энергопотреблением составляющих ее технологических процессов и систем (см. раздел 4.2.1):

в случае крупных установок, в состав которых входит большое количество систем и отдельных энергопотребляющих компонентов, необходимо определить приоритеты сбора данных, сосредоточившись, в первую очередь, на аспектах деятельности, с которыми связано значительное энергопотребление и, как следствие, существенный потенциал энергосбережения;

для небольших установок может быть достаточно обзорного аудита.

Первый энергоаудит, проводимый на предприятии, может называться энергетической диагностикой.

3.2. НДТ состоит в использовании надлежащих инструментов и методик, позволяющих выявить и количественно оценить возможности для оптимизации энергопотребления, включая:

энергетические модели, базы данных и энергобалансы (см. раздел 4.2.2.3);

аналитические методы, например, пинч-анализ, анализ эксергии или энтальпии, термоэкономика (см. раздел 4.2.2.2);

оценки и расчеты (см. раздел 4.2.2.1).

Выбор адекватных инструментов зависит от отрасли, сложности и энергопотребления установки. В конечном счете выбор инструментов определяется условиями и спецификой конкретного предприятия.

3.3. НДТ состоит в выявлении возможностей для оптимизации утилизации энергии в пределах установки, с передачей энергии между процессами внутри установки (см. НДТ 4) и/или третьей стороне (сторонам).

Применимость: реализация данного НДТ на практике зависит от возможности найти применение для избыточного тепла соответствующего типа и в таком количестве, которое может быть получено на установке (см. разделы 5.2.2 (паровые системы), 5.2.3 (утилизация тепла) и НДТ 17 (когенерация). Применение для тепловой энергии может быть найдено в различные моменты времени и различными способами, например, по результатам аудита или другого обследования, при планировании модернизации существующего или строительства нового предприятия, или при изменении местной ситуации (в результате которого может возникнуть потенциальный потребитель тепла на другом предприятии).

Обеспечение сотрудничества третьих сторон и соглашений с ними может находиться за пределами возможностей оператора и, как следствие, за пределами условий КЭР. Во многих случаях государственные органы оказывают содействие в заключении подобных соглашений или сами выступают в качестве такой третьей стороны.

НДТ 4. Подход к менеджменту энергоэффективности на основе систем

Наибольший потенциал энергосбережения может быть реализован посредством рассмотрения установки в целом и оценки потребностей и способов применения составляющих ее систем, их энергопотребления и способов их взаимодействия (см. приложение 1 раздел 3 к справочнику по наилучшим доступным техникам "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности").

НДТ состоит в оптимизации энергоэффективности установки с использованием менеджмента энергосистем. Системы, которые при оптимизации энергоэффективности должны рассматриваться как единое целое, включают, в частности:

основное производственное оборудование (см. отраслевые справочные документы);  
системы теплоснабжения, например: паровые; (раздел 5.2.2); водяные;

вакуумные системы и системы охлаждения (см. справочный документ по промышленным системам охлаждения);

системы с электроприводом, в частности (раздел 5.2.4 и НДТ 21): системы сжатого воздуха; насосные системы;

осветительные системы; (раздел 5.2.5 и НДТ 25);

системы сушки, сепарации и концентрирования. (раздел 5.2.5 и НДТ 26).

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Масштаб и характер применения данного метода (например, степень детальности, периодичность мероприятий по оптимизации, выбор систем, рассматриваемых во взаимосвязи) зависят от характера, масштаба и сложности установки, энергопотребления систем и технологических процессов, входящих в ее состав, а также рассматриваемых методов оптимизации энергоэффективности.

НДТ 5. Установление и пересмотр целей и показателей в области энергоэффективности

НДТ состоит в установлении показателей энергоэффективности посредством выполнения всех следующих действий:

определение подходящих показателей энергоэффективности для установки в целом и, там, где это необходимо, для отдельных процессов, систем и/или производственных единиц, а также оценка изменения этих показателей с течением времени или после осуществления мероприятий по повышению энергоэффективности (см. приложение 1 разделы 1 и 2 к справочнику по наилучшим доступным техникам "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности");

определение и документирование адекватных границ систем для целей расчета показателей (см. приложение 1 раздел 3 к справочнику по наилучшим доступным техникам "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности");

определение и документирование факторов, которые могут вызывать изменение энергоэффективности значимых процессов, систем и/или производственных единиц.

Наличие определенных количественно и документально зафиксированных целей в области энергоэффективности является необходимым условием достижения и поддержания высокого уровня энергоэффективности. Приоритетные области для улучшения определяются по результатам аудита (см. НДТ 3). Кроме того, для оценки результативности деятельности должны быть определены показатели энергоэффективности. Для перерабатывающих отраслей промышленности предпочтительным является использование показателей удельного энергопотребления (далее – УЭП), отражающих затраты энергии на единицу произведенной продукции или услуг (например, ГДж/т продукции). Там, где не может быть поставлена единственная

цель в области энергопотребления (например, целевое значение УЭП), или это не является целесообразным, можно при помощи показателей оценить энергоэффективность отдельных технологических процессов, производственных единиц или систем. Данные по энергоэффективности технологических процессов часто приводятся в соответствующих вертикальных справочных документах.

Изменение характеристик производства (объема выпуска, типа производимой продукции и т.п.) может влиять на результаты оценки энергоэффективности. Поэтому необходимо фиксировать производственные параметры, вести соответствующую документацию для того, чтобы можно было отслеживать динамику их изменения и убедиться в том, что наблюдаемое повышение энергоэффективности является результатом осуществляемых мероприятий. Структура потребления и движения энергии внутри установки может быть весьма сложной, поэтому необходимо тщательно определить границы установки или систем, для которых устанавливаются показатели, ориентируясь на входящие в состав установки энергосистемы (см. Приложение 1 раздел 3, а также НДТ 4). При этом для различных видов энергоресурсов можно использовать данные по потреблению как первичной, так и вторичной энергии (например, использование технологического тепла в форме пара в ГДж/т).

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данных методов определяются характером, масштабом и сложностью установки, а также энергопотреблением составляющих ее технологических процессов и систем.

Как правило, для мониторинга текущей ситуации используются показатели, основанные на вторичных формах энергии или формах энергии на уровне конечного потребителя. В некоторых случаях для каждого процесса может понадобиться более одного подобного показателя (например, показатели, отражающие потребление пара и электроэнергии). При принятии решения о выборе (или замене) энергоносителей или поставщиков энергоресурсов также может быть целесообразным ориентироваться на показатели, связанные со вторичными или конечными формами энергии. Однако, в зависимости от конкретных условий и задач, могут использоваться и другие показатели, например, потребление первичной энергии или вклад в углеродный баланс. Подобные показатели могут использоваться, например, для оценки общей энергоэффективности с учетом всех видов энергоресурсов, а также для нахождения баланса между воздействием на различные компоненты окружающей среды.

#### НДТ 6. Сравнительный анализ (бенчмаркинг)

НДТ состоит в регулярном проведении систематического сравнительного анализа результативности с использованием отраслевых, национальных и региональных ориентиров, при наличии соответствующих подтвержденных данных.

Сравнительный анализ представляет собой инструмент оценки результативности предприятия в целом и отдельных мероприятий по оптимизации энергоэффективности,



одновременно позволяющий преодолеть замкнутость в собственной парадигме. Данные для сравнительного анализа могут быть получены из отраслевых справочных документов, документов отраслевых ассоциаций, национальных рекомендаций и руководств, а также на основе теоретических оценок энергопотребления технологических процессов. Данные должны быть сопоставимы и могут потребовать корректировки, например, для учета различий в типах используемого сырья. См. также об определении показателей энергоэффективности (НДТ 5).

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Степень детальности сравнительного анализа зависит от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

Может возникнуть необходимость учета конфиденциальности, предоставляемой или получаемой информации: например, возможно требование сохранения конфиденциальности результатов сравнительного анализа.

В качестве подтвержденных данных может использоваться, в частности, информация справочных руководств, а также данные, подтвержденные третьей стороной.

Периодичность проведения сравнительного анализа зависит от конкретной отрасли, но, как правило, такой анализ проводится не чаще, чем раз в год или несколько лет, поскольку данные, лежащие в его основе, редко претерпевают существенные изменения за короткий промежуток времени.

Компонент СМЭЭ/СЭМ: проектирование.

Этап планирования строительства нового предприятия, установки или системы (или значительной модернизации одного из этих объектов) предоставляет возможности для анализа затрат, связанных с технологическими процессами, оборудованием или системами, на протяжении всего жизненного цикла, а также выбора наиболее энергоэффективного варианта с учетом этих затрат.

НДТ 7. Энергоэффективное проектирование (ЭЭП)

НДТ состоит в оптимизации энергоэффективности при проектировании новой установки, производственной единицы или системы, или планировании их значительной модернизации (см. раздел 4.3.1), с учетом всех соображений, перечисленных ниже:

энергоэффективное проектирование (далее – ЭЭП) должно начинаться на ранних стадиях концептуального/эскизного проектирования, даже если предполагаемые параметры инвестиций еще точно не определены и должно приниматься во внимание при организации тендеров;

разработка и/или выбор энергоэффективных технологий;

для дополнения существующих данных и устранения пробелов в необходимой информации может потребоваться сбор дополнительных данных, осуществляемый в рамках проектирования или отдельно;

работы по ЭЭП должны выполняться экспертом-энергетиком (специалистом в области энергоэффективности);

в ходе исходного картирования энергопотребления необходимо, в частности, выявить, от каких лиц и подразделений в составе проектной организации или организации-заказчика зависит энергопотребление будущего объекта, а затем организовать взаимодействие с ними с целью оптимизации энергоэффективности последнего. Например, речь может идти о сотрудниках существующей установки, ответственных за определение эксплуатационных параметров будущего объекта.

Применимость: этот метод применим ко всем видам новых установок, значительных технологических процессов или систем, а также объектов, для которых предполагается масштабная модернизация. Если сотрудники организации не располагают необходимой квалификацией для энергоэффективного проектирования, следует привлечь внешних экспертов в области энергоэффективности.

#### НДТ 8. Повышение степени интеграции процессов

НДТ состоит в стремлении к оптимизации использования энергии в рамках более чем одного процесса или системы (см. раздел 4.3.1.3) в пределах установки или с участием третьей стороны.

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данного метода зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

Помимо оптимизации энергоэффективности, имеются и другие преимущества лучшей интеграции технологических процессов, например, более эффективное использование сырья.

Обеспечение сотрудничества третьих сторон и соглашений с ними может находиться за пределами возможностей оператора и, как следствие, за пределами условий КЭР. Во многих случаях государственные органы оказывают содействие в заключении подобных соглашений или сами выступают в качестве такой третьей стороны.

Компонент СМЭЭ/СЭМ: эксплуатация.

#### НДТ 9. Поддержание поступательного развития инициатив в области энергоэффективности

НДТ состоит в поддержании поступательного развития программ повышения энергоэффективности посредством использования разнообразных методов, включая:

Внедрение системы менеджмента энергоэффективности (см. НДТ 1).

Учет потребления энергии на основе фактического потребления, что возлагает ответственность за обеспечение энергоэффективности на конечного пользователя/плательщика, побуждая таким образом более эффективно/экономно использовать энергоресурсы и уменьшать связанные с этим расходы (см. раздел 4.2.2).

Создание центров прибыли, связанных с повышением энергоэффективности, чтобы соответствующие инвестиции и экономический эффект энергосбережения (сокращение затрат на энергопотребление) отражались в едином бюджете, и лица, ответственные за повышение энергоэффективности могли продемонстрировать руководству свою роль в формировании прибыли компании.

Сравнительный анализ энергорезультативности (см. НДТ 6).

Анализ существующих систем менеджмента, позволяющий посмотреть на них свежим взглядом, например, с использованием подходов "совершенства в производственной деятельности". Это представляет собой целостный подход к организации систематического менеджмента безопасности, охраны труда, экологических аспектов, надежности и эффективности. В центре внимания подхода находится последовательное совершенствование критических производственных процессов, а также сокращение объемов образования отходов и продолжительности производственного цикла при помощи сочетания разных методологий. Конкретные шаги определяются в рамках СМЭЭ.

Использование методов управления изменениями внутри организации, что тоже является одной из черт "совершенства в производственной деятельности". Для этого важно продемонстрировать надежность расчетов преимуществ различных вариантов изменений (возможно, выполняемых в онлайн-режиме; например, в форме альтернативных сценариев) и обеспечить эффективное доведение результатов до целевой аудитории.

Для обеспечения постоянного улучшения результативности в области энергоэффективности необходимо поддерживать поступательное развитие соответствующих инициатив и программ.

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. В конкретных условиях может быть целесообразным использование одного или нескольких из указанных методов. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данных методов зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

Методы, подобные первым трем, применяются на основе данных потребления энергии и экономики предприятия.

Методы отслеживания результатов внедрения программы повышения энергоэффективности, подобные трем последним, должны применяться через достаточно большие промежутки времени, т.е. раз в несколько лет.

НДТ 10. Поддержание уровня квалификации

НДТ состоит в поддержании уровня квалификации персонала в сфере энергоэффективности и энергопотребляющих систем посредством следующих методов: привлечение квалифицированного персонала и/или обучение персонала. Обучение может проводиться специалистами самой организации или внешними экспертами, в

форме организованных учебных курсов или путем самообразования/ профессионального саморазвития;

периодическое освобождение работников от повседневных обязанностей для участия в плановых обследованиях или исследованиях по конкретному вопросу (в пределах их собственной установки или на другой установке);

обмен кадровыми ресурсами между объектами;

привлечение консультантов, обладающих необходимой квалификацией, для проведения плановых обследований;

делегирование специализированных функций и/или эксплуатации специализированных систем внешней организации.

Наличие квалифицированных кадровых ресурсов является необходимым условием внедрения и осуществления менеджмента энергоэффективности; сотрудники, деятельность которых может повлиять на уровень энергопотребления, должны проходить соответствующее обучение.

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данных методов зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

НДТ 11. Эффективный контроль технологических процессов

НДТ состоит в обеспечении эффективного контроля технологических процессов посредством таких методов, как:

поддержание систем организации, обеспечивающих знание, понимание и выполнение персоналом установленных процедур;

обеспечение выявления ключевых параметров результативности, их оптимизации с точки зрения энергоэффективности, а также их мониторинга (см. разделы 4.2.1 и 4.2.2);

фиксирование этих параметров или ведение соответствующей документации.

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данных методов зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

НДТ 12. Техническое обслуживание (ТО)

НДТ состоит в организации технического обслуживания (далее – ТО) на установках с целью оптимизации энергоэффективности при помощи всех нижеперечисленных методов:

четкое распределение ответственности за планирование и осуществление ТО;

формирование структурированной программы ТО, основанной на технической документации оборудования, нормативах и т.д., а также данных о любых отказах оборудования и их последствиях. Некоторые виды ТО целесообразно осуществлять во время плановых остановов оборудования;

поддержка программы ТО посредством надлежащей системы ведения документации и диагностических проверок;

выявление на основе результатов планового ТО, а также отказов и случаев нештатного функционирования оборудования возможных причин снижения энергоэффективности, а также возможностей для ее повышения;

выявление утечек, неисправного оборудования, изношенных подшипников и других факторов, которые могут повлиять на энергопотребление, и исправление их при первой же возможности.

Организованное техническое обслуживание оборудования, потребляющего энергию и/или управляющего ее потреблением, а также наличие процедур, обеспечивающих ремонт указанного оборудования при первой возможности, являются важными факторами достижения и поддержания высокого уровня энергоэффективности (см. раздел 4.2.1.2 и НДТ 1).

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данных методов зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем. Там, где это применимо, следует стремиться к балансу между оперативным устранением неисправностей и необходимостью обеспечения качества продукции, стабильности производственного процесса, а также здоровья и безопасности персонала при выполнении ремонтных работ на действующем предприятии (где может находиться оборудование с движущимися частями, имеющее высокую температуру и т.п.).

#### НДТ 13. Мониторинг и измерения

НДТ состоит в определении и соблюдении процедур регулярного мониторинга и измерения ключевых характеристик производственного процесса и видов деятельности, которые могут оказывать значительное влияние на энергоэффективность установки и при необходимости ее отдельных систем. Некоторые методы, которые могут применяться для этого, описаны в разделе 4.2.2.

Мониторинг и измерения представляют собой важную часть этапа "проверки" в цикле "планирование–осуществление–проверка–корректировка", на котором основан, в частности, менеджмент энергоэффективности. Кроме того, они являются важной составляющей эффективного контроля технологических процессов (см. НДТ 11).

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данного метода зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

### **5.2. НДТ (методы) обеспечения энергоэффективности энергосистем, процессов, видов деятельности и оборудования**

НДТ общего характера подразумевают необходимость рассмотрения установки как единого целого, а также оценки потребностей и назначения различных систем, их энергетических характеристик и взаимодействия. В описании НДТ 4 приведены примеры типичных систем, входящих в состав установок. Кроме того, эти НДТ включают следующие подходы:

анализ системы и ее результативности, в т.ч. сравнительный анализ (бенчмаркинг) (НДТ 1, 3.1, 5 и 6);

планирование мероприятий и инвестиций по оптимизации энергоэффективности с учетом экономической целесообразности и влияния на различные компоненты окружающей среды (НДТ 2);

в случае новых систем – оптимизация энергоэффективности при проектировании установки, агрегата или системы, а также при выборе технологических процессов (НДТ 7);

в случае существующих систем – оптимизация энергоэффективности посредством надлежащей эксплуатации и менеджмента, включая регулярный мониторинг и техническое обслуживание (НДТ 11, 12 и 13).

Поэтому НДТ для отдельных систем, процессов и типов оборудования, о которых пойдет речь далее, подразумевают, что НДТ общего характера также применяются на соответствующих установках как часть их оптимизации. НДТ обеспечения энергоэффективности часто встречающихся видов деятельности, систем и процессов на установках, подпадающих под действие комплексного подхода, можно охарактеризовать описанными ниже методами.

### **5.2.1. Сжигание топлива**

Сжигание топлива представляет собой процесс, широко используемый как для непосредственного нагрева (например, при производстве цемента или стали), так и с целью получения энергии для дальнейшего преобразования в другую форму, (например, при производстве пара для последующей генерации электроэнергии). Поэтому методы повышения энергоэффективности при сжигании, применяемом в рамках основного технологического процесса, рассматриваются в соответствующих отраслевых справочных документах.

Если устройства для сжигания классифицируется как крупная установка для сжигания (единичная тепловая мощность установки 50 МВт и более), это означает, что все виды тепловых энергоустановок (например, котельные агрегаты, производящие энергоресурсы для нужд технологического процесса, когенерационные станции, котельные централизованного теплоснабжения), используемые для производства механической или тепловой энергии, подпадают под действие справочного документа по крупным топливосжигающим установкам.

Для остальных случаев настоящий справочник обеспечивает соответствующий уровень НДТ.

## НДТ 14. Оптимизация энергоэффективности сжигания топлива

НДТ состоит в оптимизации энергоэффективности сжигания топлива при помощи таких методов, как:

методы, специфичные для конкретных отраслей и описанные в отраслевых справочных документах;

методы, описанные в справочном документе по крупным топливосжигающим установкам;

методы, перечисленные в настоящем документе: Когенерация (см. раздел 3.4 BREF ЕС); Сокращение массового расхода дымовых газов посредством снижения избытка воздуха горения (см. раздел 3.1.3 BREF ЕС); Снижение температуры дымовых газов (см. раздел 3.1.1 BREF ЕС) при помощи:

подбора оптимальных размеров и других характеристик оборудования, исходя из требуемой максимальной мощности с учетом расчетного запаса надежности;

интенсификации передачи тепла технологическому процессу посредством увеличения удельного потока тепла, увеличения площади или усовершенствования поверхностей теплообмена;

рекуперации тепла дымовых газов с использованием дополнительного технологического процесса (например, производства пара при помощи экономайзера);

установки подогревателя воздуха или воды (см. раздел 3.1.1.1 BREF ЕС), или предварительного подогрева топлива при помощи тепла дымовых газов. Следует отметить, что, подогрев воздуха может быть необходим, если технологический процесс требует высокой температуры пламени (например, в стекольном или цементном производстве);

очистки поверхностей теплообмена от накапливающейся золы и частиц углерода с целью поддержания высокой теплопроводности. В частности, в конвекционной зоне могут периодически использоваться сажесдуватели. Очистка поверхностей теплообмена в зоне горения, как правило, осуществляется во время остановки оборудования для осмотра и ТО, однако в некоторых случаях используется очистка без остановки (например, в нагревателях на НПЗ).

Рекуперативные и регенеративные горелки (см. раздел 3.1.2 BREF ЕС).

Автоматизированное управление горелками (см. раздел 3.1.4 BREF ЕС).

Выбор топлива (см. раздел 3.1.5 BREF ЕС).

Кислородное сжигание (см. раздел 3.1.6 BREF ЕС).

Снижение потерь при помощи теплоизоляции (см. раздел 3.1.7 BREF ЕС).

Сокращение потерь через отверстия печей (см. раздел 3.1.8 BREF ЕС).

### 5.2.2. Паровые системы

Пар широко используется в качестве теплоносителя вследствие своего нетоксичного характера, стабильности, низкой стоимости, высокой теплоемкости и гибкости применения. Эффективности использования произведенного пара часто не

уделяется должного внимания, поскольку оценить ее количественно на так просто, как, например, тепловой КПД котла. Эффективность использования пара может быть оценена при помощи инструментов, перечисленных в НДТ 3.2, в сочетании с адекватным мониторингом (см. раздел 4.2.2).

#### НДТ 15. Оптимизация энергоэффективности паровых систем

НДТ для паровых систем состоит в оптимизации их энергоэффективности при помощи таких методов, как:

методы, специфичные для конкретных отраслей и описанные в отраслевых справочных документах;

методы, описанные в справочном документе по крупным топливосжигающим установкам;

методы, перечисленные в настоящем документе:

Проектирование и конструктивные решения:

энергоэффективное проектирование (см. раздел 4.3.1.1) и монтаж парораспределительной сети;

дросселирование и использование турбодетандеров, использование турбодетандеров вместо традиционных дросселей и редуционных клапанов (см. раздел 3.2.3 BREF EC);

Эксплуатация и управление технологическим процессом (см. раздел 3.2.4 BREF EC) :

совершенствование эксплуатационных процедур и методов управления технологическим процессом;

каскадное управление группой котлов (при наличии нескольких котлов на предприятии);

установка отсекающих заслонок на газоходах дымовых газов (при наличии нескольких котлов, использующих одну и ту же дымовую трубу);

выполнение режимно-наладочных испытаний котлов (до и после ремонта);

Производство пара:

предварительный подогрев питательной воды с помощью: отходящего тепла, например, от других технологических процессов; экономайзера, использующего дымовые газы (см. раздел 3.2.5 BREF EC); подогрева конденсата за счет деаэрированной питательной воды; конденсации пара, использованного для деаэрации, и подогрева поступающей в деаэратор воды при помощи теплообменника (см. разделы 3.1.1 и 3.1.1.1 BREF EC);

предотвращение образования и удаление отложений накипи с теплообменных поверхностей, очистка теплообменных поверхностей котла (см. раздел 3.2.6 BREF EC);

минимизация величины продувки котла посредством улучшения водоподготовки. Установка автоматизированной системы контроля общего содержания растворенных твердых веществ (см. раздел 3.2.7 BREF EC);



установка/восстановление футеровки котла (ссылаясь и на косвенные методы мониторинга, см. раздел 2.10.1 BREF EC) как часть ТО котлов (см. раздел 4.2.1.2);  
оптимизация расхода пара в деаэраторе (см. раздел 3.2.8 BREF EC);

минимизация потерь, связанных с работой короткими циклами (см. раздел 3.2.9 BREF EC);

техническое обслуживание котлов (см. раздел 4.2.1.2);

Распределение пара:

оптимизация парораспределительной системы (в особенности, в отношении вопросов, перечисленных ниже) как часть ТО (см. раздел 3.2.10 BREF EC);

отключение неиспользуемых паропроводов (см. раздел 3.2.10 BREF EC);

теплоизоляция паропроводов и конденсатопроводов, включая фитинги, клапаны и резервуары (см. раздел 3.2.11 BREF EC);

реализация программы контроля состояния конденсатоотводчиков и их ремонта (см. раздел 3.2.12 BREF EC);

Утилизация и повторное использование:

сбор конденсата и возврат в котел для повторного использования – оптимизация использования конденсата (см. раздел 3.2.14 BREF EC);

повторное использование выпара - использование конденсата высокого давления для производства пара низкого давления (см. раздел 3.2.14 BREF EC);

утилизация энергии продувочной воды котла (см. раздел 3.2.15 BREF EC).

### **5.2.3. Утилизация тепла**

Основными типами систем утилизации тепла являются:

теплообменники (см. раздел 3.3.1 BREF EC);

тепловые насосы (см. раздел 3.3.2 BREF EC).

Теплообменники широко используются в различных отраслях промышленности и производственных системах с хорошими результатами. В частности, они являются распространенным средством реализации НДТ 3.2 и НДТ 8. Тепловые насосы получают все более широкое применения.

Использование "сбросного" или избыточного тепла может быть более устойчивым, чем производство тепла на основе ископаемого топлива, даже если в последнем случае достигается больший уровень энергоэффективности.

Утилизация тепла неприменима при отсутствии спроса, отвечающего характеристикам производства (в т. ч. временному графику). Однако утилизация тепла применяется все чаще; при этом во многих случаях удается найти потребителя за пределами установки (см. раздел 3.4 BREF EC).

Методы, применимые к системам охлаждения и соответствующие НДТ, включая методы технического обслуживания теплообменников, описаны в справочном документе по промышленным системам охлаждения. При этом основная НДТ состоит в поиске полезного применения отходящего тепла вместо его рассеяния в процессе

охлаждения. Там, где охлаждение необходимо, следует рассмотреть возможность применения свободного охлаждения (с использованием атмосферного воздуха).

Системы сушки, концентрирования и сепарации: для этих процессов НДТ также включают изучение возможностей использования механической сепарации наряду с тепловыми процессами.

#### НДТ 16. Поддержание КПД теплообменников

НДТ состоит в поддержании КПД теплообменников посредством обоих методов, названных ниже (см. раздел 3.3.1.1 BREF EC):

периодический мониторинг КПД теплообменников;

предотвращение загрязнения теплообменных поверхностей (образования отложений и накипи) или их очистка.

#### 5.2.4. Электроэнергия

Качество электроснабжения и способ использования энергии способны повлиять на уровень энергоэффективности (см. раздел 3.5 BREF EC). Механизмы этого влияния не всегда осознаются; часто им не уделяется должного внимания. Во многих случаях имеют место потери, связанные с передачей избыточной мощности по внешним распределительным сетям или в пределах установки. Потери энергии в распределительной системе предприятия могут приводить к перепадам напряжения, которые, в свою очередь, могут вызывать преждевременный выход из строя электродвигателей или другого оборудования. Кроме того, неоптимальное функционирование энергосистем предприятия способно привести к применению повышенных тарифов на электроэнергию.

Моделирование использования энергоресурсов (описанное в разделе 4.2.2.3), может способствовать оптимизации систем генерации электроэнергии и утилизации тепла, а также организации эффективного управления закупками и продажами энергии, т.е. применения когенерации.

#### НДТ 17. Поиск возможностей для когенерации

НДТ состоит в поиске возможностей для когенерации; при этом потребители могут находиться в пределах установки или за ее пределами (третья сторона).

Применимость: обеспечение сотрудничества третьих сторон и соглашений с ними может находиться за пределами возможностей оператора и, как следствие, за пределами условий КЭР.

Целесообразность осуществления проектов когенерации определяются не только возможным повышением уровня энергоэффективности в результате таких проектов, но и экономическими условиями. Следует осуществлять поиск потенциальных партнеров и потребителей производимых энергоресурсов, уделяя внимание возможностям, связанным, в частности, с осуществлением инвестиционных проектов на стороне производителя и потенциального потребителя, а также с изменением экономических условий (например, цен на тепло или топливо).

В целом возможность когенерации целесообразно рассматривать в тех случаях, когда:

существуют потребности как в тепловой, так и в электрической энергии, причем временные графики этих потребностей имеют сходный характер;

существующие потребности в тепловой энергии, имеющиеся на предприятии или за его пределами, с учетом их характеристик (необходимое количество тепла, температура, время, в течение которого необходимы поставки тепла), могут быть удовлетворены за счет тепла, производимого на когенерационной станции, и при этом не ожидается существенного сокращения потребностей в тепле.

Успешная реализация когенерационных проектов может зависеть от благоприятного сочетания цен на топливо, тепло и электроэнергию.

Во многих случаях государственные органы оказывают содействие в достижении соглашения с третьей стороной или сами являются таковой.

#### Электроснабжение

##### НДТ 18. Повышение коэффициента мощности

НДТ состоит в повышении коэффициента мощности в соответствии с требованиями местного поставщика электроэнергии при помощи подобных перечисленными методами в соответствии с условиями их применимости: (см. раздел 3.5.1 BREF EC).

18.1 Установка конденсаторов в цепях переменного тока для компенсации коэффициента мощности.

Применимость: этот метод применим ко всем видам установок. Малозатратное мероприятие с долгосрочным эффектом, однако его осуществление требует соответствующей квалификации.

18.2 Минимизация работы двигателей на холостом ходу или со значительной недогрузкой.

Применимость: этот метод применим ко всем видам установок.

##### 18.3 Эксплуатация оборудования при напряжении, не превышающем номинального.

Применимость: этот метод применим ко всем видам установок.

18.4. При замене электродвигателей – использование энергоэффективных двигателей (см. раздел 3.6.1 BREF EC).

Применимость: при замене оборудования.

##### НДТ 19. Проверка системы энергоснабжения на наличие высших гармоник

НДТ состоит в проверке системы энергоснабжения на наличие высших гармоник и, при необходимости, использовании фильтров. (см. раздел 3.5.2 BREF EC).

##### НДТ 20. Оптимизация эффективности системы энергоснабжения

НДТ состоит в оптимизации эффективности системы энергоснабжения объекта I категории при помощи перечисленных методов, в соответствии с условиями их применимости:

20.1 Обеспечение достаточного диаметра кабелей, соответствующего мощности (см. раздел 3.5.3 BREF EC).

Применимость: проводить работы, когда энергопотребляющее оборудование не используется, например, во время остановов, монтажа или перемещения оборудования.

20.2 Эксплуатация трансформаторов при достаточной нагрузке (превышающей 40–% номинальной мощности), (см. раздел 3.5.4 BREF EC).

Применимость:

для существующих предприятий: при нагрузке ниже 40 % номинальной мощности и одновременной работе нескольких трансформаторов;

при замене оборудования: установка трансформатора с пониженным уровнем потерь и ожидаемым уровнем нагрузки 40–75 % номинальной мощности.

20.3 Использование трансформаторов с повышенным КПД/пониженным уровнем потерь (см. раздел 3.5.4 BREF EC).

Применимость: при замене оборудования или если оправдано с точки зрения затрат за время жизненного цикла.

20.4 Размещение оборудования, требующего большой силы тока, как можно ближе к источникам питания (например, трансформаторам (см. раздел 3.5.4 BREF EC).

Применимость: при установке или перемещении оборудования.

Подсистемы с электроприводом

Замена существующих электродвигателей энергоэффективными двигателями (далее – ЭЭД) и приводами переменной скорости 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.

К основным системам, в которых используются электродвигатели, относятся:

системы сжатого воздуха (см. раздел см. раздел 3.7 BREF EC);

насосные системы (см. раздел 3.8 BREF EC);

системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (см. раздел 3.9 BREF EC);

системы охлаждения.

НДТ 21. Оптимизация электроприводов

НДТ состоит в применении следующей последовательности шагов по оптимизации электроприводов:

Оптимизация системы, использующей электродвигатели, как целого, например, систему охлаждения (см. раздел 1.5.1 BREF EC).

Оптимизация приводов в системе в соответствии с вновь определенными требованиями к нагрузке с использованием одного или нескольких перечисленных методов, в соответствии с условиями применимости:

установка или модернизация системы;  
использование энергоэффективных двигателей.

Применимость: с учетом затрат за время жизненного цикла (см. раздел 3.6.1 BREF ЕС).

Выбор оптимальной номинальной мощности двигателя.

Применимость: с учетом затрат за время жизненного цикла (см. раздел 3.6.2 BREF ЕС).

Установка приводов с переменной скоростью (далее – ППС). Применимость: использование ППС может быть ограничено вследствие соображений безопасности. В соответствии с нагрузкой. При наличии нескольких двигателей в системе, от которой требуется переменная производительность, (например, в системе сжатого воздуха) оптимальным может быть использование только одного привода с переменной скоростью (см. раздел 3.6.3 BREF ЕС).

Установка передачи/редукторов с высоким КПД.

Применимость: с учетом затрат за время жизненного цикла (см. раздел 3.6.4 BREF ЕС).

Использование (см. раздел 3.6.4 BREF ЕС): жесткого соединения там, где это возможно; синхронных или зубчатых ременных передач вместо обычных клиновидных; косо зубой цилиндрической передачи вместо червячной.

Применимость: этот метод применим ко всем видам систем.

Ремонт двигателя с обеспечением энергоэффективности или замена на ЭЭД (см. раздел 3.6.5 BREF ЕС).

Применимость: при проведении ремонта.

Перемотка: отказ от перемотки и замена на энергоэффективный двигатель (далее – ЭЭД), или обращение к сертифицированной организации, осуществляющей ремонт с обеспечением энергоэффективности (см. раздел 3.6.6 BREF ЕС). Применимость: при проведении ремонта.

Контроль качества электроснабжения (см. раздел 3.5 BREF ЕС). Применимость: с учетом затрат за время жизненного цикла.

Эксплуатация и ТО системы (см. 4.2.1.2):

Смазка, регулировка, настройка.

Применимость: внедрение возможно во всех системах.

После оптимизации энергопотребляющих систем оптимизация оставшихся (неоптимизированных) двигателей с использованием методов, описанных в п. 2, и следующих критерии:

оставшиеся двигатели, эксплуатируемые более 2 000 часов в год, являются приоритетными для замены ЭЭД;

для приводов, эксплуатируемых с переменной нагрузкой, работающих с мощностью менее 50 % максимальной более 20 % времени эксплуатации и работающих более 2 000 часов в год следует рассмотреть возможность замены приводами переменной скорости.

### **5.2.5. Разные системы**

НДТ состоит в оптимизации следующих систем и процессов с использованием методов, подобных описанным в настоящем документе, в соответствии с условиями применимости.

Системы сжатого воздуха (см. раздел 3.7 BREF ЕС).

НДТ 22. Оптимизация систем сжатого воздуха

НДТ состоит в оптимизации систем сжатого воздуха при помощи нижеперечисленных в соответствии с условиями применимости:

22.1. При проектировании, установке или модернизации системы:

Оптимизация общего устройства системы, включая использование нескольких уровней давления.

Применимость: только для новых систем или в случае значительной модернизации.

Модернизация компрессора.

Применимость: только для новых систем или в случае значительной модернизации.

Улучшение процессов охлаждения, сушки и фильтрации сжатого воздуха.

Применимость: этот метод не включает более частую замену фильтров.

Сокращение фрикционных потерь давления (например, посредством увеличения диаметра трубопроводов).

Применимость: только для новых систем или в случае значительной модернизации.

Усовершенствование приводов компрессоров (высокоэффективные двигатели).

Применимость: наиболее эффективно в небольших системах (<10 кВт).

Усовершенствование приводов компрессоров (регулирование скорости).

Применимость: применимо в системах с переменной нагрузкой. В системах с несколькими приводами целесообразно оборудовать устройством регулирования скорости лишь один из них.

Использование усовершенствованной системы управления.

Применимость: на всех видах установок.

Утилизация отходящего тепла для других применений.

Применимость: Этот метод приводит к увеличению общего количества доступной энергии, но не к сокращению потребления электроэнергии (часть электроэнергии преобразуется в полезное тепло).

Организация забора холодного наружного воздуха.

Применимость: в случае наличия доступа (если позволяет конфигурация оборудования).

Создание запасов сжатого воздуха вблизи крупных потребителей с существенно варьирующим уровнем потребления.

Применимость: во всех видах систем.

22.2. При эксплуатации и ТО системы.

Оптимизация некоторых конечных устройств.

Применимость: во всех видах систем.

Сокращение утечек воздуха.

Применимость: во всех видах систем. Наибольшей потенциал энергосбережения.

Более частая замена фильтров.

Применимость: рассматривать целесообразность в каждом отдельном случае.

Оптимизация рабочего давления.

Применимость: во всех видах систем.

Насосные системы (см. раздел 3.8 BREF ЕС).

НДТ 23. Оптимизация насосных систем

НДТ состоит в оптимизации насосных систем сжатого воздуха при помощи нижеперечисленных методов в соответствии с условиями применимости.

23.1. На стадии проектирования.

Выбор насосов оптимальной мощности при установке нового оборудования и замена насосов с избыточной мощностью.

Применимость: для новых насосов, в случае существующих насосов применимо с учетом экономической целесообразности и срока эксплуатации.

Подбор приводов надлежащей мощности к выбранным насосам.

Применимость: для новых насосов, в случае существующих насосов применимо с учетом экономической целесообразности и срока эксплуатации.

Проектирование трубопроводных систем.

Применимость: см. "Распределительная система" ниже.

23.2. При управлении, в ходе эксплуатации и проведения ТО:

Система управления и регулирования.

Применимость: повсеместно.

Отключение насосов, в работе которых нет необходимости.

Применимость: повсеместно.

Использование приводов с переменной скоростью.

Применимость: применимо с учетом экономической целесообразности и срока эксплуатации. Нецелесообразно при постоянных расходах.

Использование нескольких насосов (поэтапное задействование мощностей по мере необходимости).

Применимость: в случаях, когда обычный расход в системе более чем в два раза меньше требуемой максимальной производительности.

Регулярное ТО. В случае слишком частого внепланового ТО проверять на предмет кавитации; износа; использования неподходящих типов насосов.

Применимость: повсеместно.

### 23.3. В распределительных системах.

Доведение количества вентилей и изгибов до минимального значения, совместимого с удобной эксплуатацией и ТО системы.

Применимость: во всех случаях при проектировании и установке (а также ремонте и модернизации).

Недопущение слишком большого количества изгибов.

Применимость: во всех случаях при проектировании, установке, ремонте и модернизации.

Обеспечение достаточного (не слишком маленького) диаметра трубопроводов.

Применимость: во всех случаях при проектировании, установке, ремонте и модернизации.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (далее –ОВКВ) (см. раздел 3.9 BREF EC).

НДТ 24. Оптимизация систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

НДТ состоит в оптимизации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха при помощи следующих методов:

#### 24.1. При проектировании и управлении:

Общее устройство системы. Выбрать и оборудовать по отдельности участки, обслуживаемые общеобменной вентиляцией; местной вентиляцией; технологической вентиляцией.

Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации. В случае существующих насосов применимо с учетом экономической целесообразности и срока эксплуатации.

Оптимизация количества, формы и размера воздухозаборников.

Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации.

Использование вентиляторов: – с высоким КПД; – имеющих оптимум эффективности при требуемой производительности.

Применимость: экономически эффективно во всех случаях.

Эффективное управление расходом воздуха (в т.ч. рассмотрение вопроса о целесообразности приточно-вытяжной вентиляции).

Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации.

Устройство системы воздуховодов: воздуховоды достаточного диаметра; воздуховоды круглого сечения; отсутствие передачи воздуха на большие расстояния, а также препятствий для движения воздуха (крутых изгибов, сужений и т.д.).



Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации.

Оптимизация электродвигателей, рассмотрение возможности для установки приводов переменной скорости. См. дополнительно НДТ 21.

Применимость: повсеместно с учетом экономической целесообразности и срока эксплуатации замены существующих двигателей.

Использование автоматизированной системы управления. Интеграция с централизованной системой управления техническими службами здания.

Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации, для существующих систем применимо, если это технически осуществимо и экономически целесообразно.

Интеграция воздушных фильтров в систему воздухопроводов и утилизация тепла отводимого воздуха (теплообменники).

Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации, для существующих систем применимо с учетом экономической целесообразности. При этом принимать во внимание следующие факторы: тепловой КПД, потеря давления, необходимость регулярной очистки фильтров и теплообменных поверхностей.

Сокращение потребностей в отоплении/охлаждении посредством:

теплоизоляции зданий;

эффективного остекления;

ограничения инфильтрации воздуха;

автоматического закрытия дверей;

дестратификации;

задания пониженного уровня температуры в нерабочее время (путем соответствующего программирования системы управления);

уменьшения (для отопления) или увеличения (для охлаждения) заданного уровня температуры.

Применимость: рассматривать возможность во всех случаях, реализовывать в случае экономической целесообразности.

Повышение энергоэффективности систем отопления посредством: утилизации и использования отходящего тепла; использования тепловых насосов; применения лучистых и локальных систем отопления в сочетании с пониженной температурой в помещениях, где отсутствуют рабочие места.

Применимость: рассматривать возможность во всех случаях, реализовывать в случае экономической целесообразности.

Повышение энергоэффективности систем охлаждения за счет использования естественного охлаждения.

Применимость: применимо при определенных условиях.

24.2. При эксплуатации и проведении ТО.

Отключение вентиляции и сокращение расхода воздуха там, где это возможно.

Применимость: повсеместно.

Обеспечение герметичности системы, проверка соединений.

Применимость: повсеместно.

Проверка сбалансированности системы.

Применимость: повсеместно.

Оптимизация расхода воздуха.

Применимость: повсеместно.

Оптимизация системы фильтрации воздуха за счет: оптимизации степени рецикла; оптимизации потери давления; регулярной очистки/замены фильтров; регулярной очистки системы.

Применимость: повсеместно.

для производства тепла, см. также НДТ 15 и 16;

для насосных систем, см. и НДТ 23;

для производства холода, чиллеров и теплообменников

Освещение (см. раздел 3.10 BREF EC).

Соображения охраны труда и производственной безопасности являются приоритетными критериями при определении требований к системам освещения. Энергопотребление систем освещения может быть оптимизировано с учетом требований к конкретной системе.

НДТ 25 состоит в оптимизации систем искусственного освещения с использованием таких методов, как:

анализ требований и проектирование системы:

Выявление требований как к уровню освещенности, так и к спектральному составу освещения, исходя из выполняемых функций.

Применимость: повсеместно.

Планирование использования площадей и организации производственной деятельности для оптимизации использования естественного освещения. Применим в той мере, в какой это может быть достигнуто за счет простой реорганизации производственной деятельности или ТО – во всех случаях. Если требуются строительные работы или реконструкция зданий – при строительстве новых или модернизации существующих установок.

Выбор осветительных устройств и ламп, исходя из предполагаемого использования.

Применимость: с учетом экономического эффекта за все время жизненного цикла.

Эксплуатация, управление и ТО:

Использование систем управления освещением, включая датчики присутствия, таймеры и т.п.

Обучение персонала наиболее эффективному использованию осветительного оборудования.

Применимость: повсеместно.

Процессы сушки, сепарации и концентрирования (см. раздел 3.11 BREF ЕС).

НДТ 26. Оптимизация процессов сушки, сепарации и концентрирования

НДТ состоит в оптимизации процессов сушки, сепарации и концентрирования при помощи нижеприведенных методов, в соответствии с условиями применимости, и в поиске возможностей для использования механической сепарации в сочетании с процессами термической сушки.

26.1. При проектировании.

Выбор оптимального метода сепарации (сушки) или сочетания методов (см. ниже), отвечающих конкретным требованиям.

Применимость: повсеместно

26.2. При эксплуатации:

Использование избыточного тепла от других процессов.

Применимость: зависит от наличия избыточного тепла на предприятии (или поставляемого третьей стороной).

Использование комбинации нескольких методов.

Применимость: анализ ситуации в каждом конкретном случае. Внедрение метода может дать дополнительный эффект: повышения качества продукции или производительности.

Использование механических процессов сепарации (фильтрации, мембранной фильтрации).

Применимость: зависит от конкретных требований. Для достижения высокой степени осушки целесообразно использовать в сочетании с другими методами.

Термическая сушка с использованием конвективных, контактных, комбинированных сушилок.

Применимость: широко применяется, но энергозатраты могут быть снижены за счет использования других приведенных методов.

Конвективная сушка.

Применимость: см. методы термической и радиационной сушки, а также использование перегретого пара.

Перегретый пар

Применимость: любые конвективные сушилки могут быть переоборудованы для использования перегретого пара. Высокие затраты, требуется оценка экономического эффекта за время жизненного цикла. Высокие температуры могут ухудшить качество продукции.

Утилизация тепла (в т.ч. с использованием МРП и тепловых насосов).

Применимость: анализ в случае любой конвективной сушилки непрерывного действия, использующей горячий воздух.

Оптимизация теплоизоляции сушильных систем.

Применимость: анализ в случае любых систем, в т.ч. существующих.

Радиационная сушка: инфракрасная (ИК); высокочастотная (ВЧ); микроволновая (МВ).

Применимость: ИК ограничено размерами высушиваемого материала. Высокие затраты, требуется оценка экономической целесообразности. В сочетании с конвективными или контактными методами может резко повысить производительность сушильной системы.

26.3. При управлении.

Автоматизированное управление процессом термической сушки.

Применимость: повсеместно.

### **5.3. Секторные техники**

Оценивая возможности применения тех или иных решений, описанных в справочнике по НДТ, следует учитывать возможное влияние рассматриваемых решений на показатели экологической результативности предприятия. Однако, если для разных видов деятельности (отраслей) в "вертикальных" справочниках по НДТ идентифицированы наилучшие доступные технологии, обеспечивающие высокий уровень защиты окружающей среды, и приведены соответствующие технологические показатели, то, в большинстве случаев, в числе этих НДТ определены и решения, направленные на обеспечение эффективного использования энергии.

Для ряда отраслей снижение негативного воздействия на окружающую среду, обусловленного сжиганием топлива, является приоритетным (например, производство энергии, керамического кирпича, плитки, листового стекла, стеклотары). Оптимизация использования электроэнергии ведет одновременно к опосредованному снижению негативного воздействия на окружающую среду, что соответствует целям экологической политики Республики Казахстан.

Из множества технологических, технических и управленческих подходов и решений, применимых для целей повышения энергетической эффективности производства, предприятиям – объектам I категории следует выбирать те, которые наилучшим образом отвечают стоящим перед ними задачам, имеющим технологическую, отраслевую и региональную специфику. При выявлении резервов повышения энергетической эффективности (глава 4.1) предлагались общие, применимые как на различных предприятиях, так и специфичные для энергоемких отраслей решения. Конкретные предложения по НДТ приведены в следующих разделах, рассматривающих некоторые примеры секторных техник:

НДТ энергоэффективности в металлургии (5.3.1);

НДТ энергоэффективности в производстве основных неорганических химических веществ (5.3.2);

НДТ энергоэффективности нефтегазовой отрасли – добыча нефти и попутного газа (5.3.3);

НДТ энергоэффективности нефтегазовой отрасли – нефтеперерабатывающие заводы (5.3.4);

НДТ энергоэффективности в производстве электрической и тепловой энергии (5.3.5);

НДТ энергоэффективности в производстве цемента (5.3.6).

Все аспекты всесторонне и более детально обсуждаются в "вертикальных" справочниках по НДТ с учетом особенностей производственных процессов и специфики задач. Применение положений данного справочника по НДТ не должно противоречить положениям отраслевых (вертикальных) справочников по НДТ.

НДТ энергоэффективности в металлургии

В приложении 3 к Экологическому кодексу перечислены виды деятельности, относящиеся к горно-металлургическому комплексу (ГМК), для которых должны быть разработаны справочники по НДТ:

добыча и обогащение железных руд, производство чугуна, стали и ферросплавов, производство изделий дальнейшего передела черных металлов;

добыча и обогащение руд цветных металлов, производство цветных металлов;

добыча и обогащение угля и антрацита.

Оптимальные контроль и управление системой потребления энергии и производственным процессом с использованием современных средств автоматизации (НДТ 11 и 13, см. гл. 4.2.1, 4.2.2 настоящего справочника по НДТ).

В качестве примера эффективного повышения уровня автоматизации можно привести разработку математической модели коксовой батареи, внедрение которой позволило увеличить равномерность нагрева коксового пирога за счет автоматической поддержки оптимальной длины факела в отопительных вертикалях коксовых батарей – эффект составил 105 МДж/т угольной шихты и 1 кг кокса /т чугуна [29, 4.2.1].

Применимость: на всех этапах технологических процессов предприятия.

Оптимизация и управление термодинамическими параметрами процессов (в составе НДТ 8, см. гл. 4.3.1 и 4.3.1.2 настоящего справочника по НДТ).

В процессе получения кокса большое значение имеет правильный температурный режим, что обуславливает расход газа и весь процесс получения кокса. Потребление коксового и доменного газа при получении 4 млн тонн кокса составит 309 тыс. т.у.т. и 165 тыс. т.у.т. соответственно.

Поэтому большое значение имеет правильная организация движения газов, обеспечение равномерной температуры обогревательной стенки коксовой батареи, что позволяет достичь равномерного распределения качественных показателей кокса по всему объёму камеры коксования.

Создание оптимального теплового режима коксовой батареи позволяет оптимизировать расход топлива, сэкономить его потребление и уменьшить загрязнение атмосферы при том же объеме производимой продукции, причем более высокого

качества. Качество кокса, в первую очередь его прочность определяет реакционную способность в доменной плавке и определяет общий расход кокса в доменной печи. Увеличение прочности кокса приводит к снижению его расхода в доменных печах, уменьшению себестоимости получения чугуна.

Сокращение расхода кокса дает возможность понизить энергетические затраты на его производство и улучшить качество окружающей среды. При повышении прочности кокса на 1 % происходит снижение суммарного расхода топлива (кокс и природный газ) на 1,5 кг на тонну чугуна, а производительность доменной печи увеличивается на 0,3 %.

В то же время возможность повышения максимальных значений температуры для ряда процессов обеспечивает прирост показателей эффективности [29, 4.2.2].

Рациональный выбор источника энергии в агрегатах, оптимизация процесса горения (НДТ 7, НДТ 8 и НДТ 14): внедрение установок для вдувания пылеугольного топлива в доменные печи. Применение установки вдувания пылеугольного топлива позволяет значительно снизить расход кокса и природного газа, частично заменив их энергетическим углем, расход которого достигает 150–200 кг/т чугуна. [29, 4.2.3]

Утилизация тепловой энергии (НДТ 7, НДТ 8). Технические решения позволяют утилизировать бросовые энергетические потоки технологических процессов, тем самым снижая потребление первичных покупных энергоресурсов. Утилизированы могут быть: тепловая энергия выбросов, отходов, продукции, систем охлаждения, генерирующего или печного оборудования (в т.ч. работающего периодически) и прочие. Примеры источников утилизации тепловой энергии приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Возможные источники тепловой энергии в металлургической промышленности и их возможное использование [29, 4.3.1]

№ п/п	Вид производства	Тепловой процесс	Тепловые отходы и материалы
1	2	3	4
1	Металлургия		
1.1	Коксохимия	Нагрев шихты	Коксовый газ
1.2	Агломерация	Нагрев шихты, охлаждение агломерата, нагрев воздуха	Аглогазы
1.3	Производство окатышей	Нагрев шихты, охлаждение окатышей	Отходящие газы
1.4	Доменное производство	Нагрев воздуха, нагрев и плавление шихты, химические реакции	Доменный газ, тепло металла, тепло шлака
2	Сталеплавильное производство, в т.ч.:		
2.1	мартен		Дымовые газы, тепло металла, тепло шлака,

		Нагрев воздуха, нагрев и плавление шихты, подготовка ковшей	тепло ковшей, тепло изложниц
2.2	конвертор	Нагрев и плавление шихты, подготовка ковшей	Конверторный газ, тепло ковшей, тепло металла, тепло шлака, тепло изложниц
2.3	электропечи	Нагрев и плавление металла, обработка ковшей, нагрев шихты	Дымовой газ, тепло металла, тепло шлака, тепло ковшей, тепло изложниц
2.4	Прокатное производство	Нагрев металла	Дымовые газы
2.5	Термическое производство	Нагрев металла, охлаждение металла	Дымовые газы

О важности использования дополнительных источников тепла в металлургической промышленности можно говорить исходя, например, из анализа теплового баланса производства алюминия, который показал, что почти 50 % тепловой энергии теряется или рассеивается в атмосфере. Производство алюминия – энергоемкий процесс. На производство одной тонны алюминия расходуется примерно 15 МВт\*ч энергии, в т.ч. 12 МВт\*ч на плавильные агрегаты. Кроме того, природный газ используется в различных дополнительных (вспомогательных) технологических операциях [29, 4.3.1].

Известно, что стоимость электроэнергии составляет около 40 % от всех затрат на производство алюминия. Поэтому использование тепловых отходов в производстве позволит сократить как затраты на энергоносители, так и себестоимость алюминия в целом. Тепловые отходы в производстве алюминия образуются в основном в процессах плавления и разлива металла. Компрессорные установки являются дополнительным источником тепловых потерь. Следует помнить, что перед скрубберной обработкой газы следует охлаждать, т.е. снижать их температуру примерно с 600 до 100 °С. В этом случае образуется огромный тепловой резерв, который можно использовать как на самом предприятии, так и вне его.

В общем тепловые потери образуются:

в контурах компрессорных установок;

при охлаждении литья водой;

при отводе газов от промышленных установок;

от горячих поверхностей печей и литейных установок;

при контроле за технологическими операциями;

от горячих стенок миксера и другого вспомогательного оборудования;

в процессе разлива металла;

при изготовлении вспомогательных материалов;

с потерей (уносом) энергии со шлаками, шламами, сточными водами.

Тепловые потоки от горячих поверхностей металлургического оборудования так же представляют определенный интерес. Теплый воздух, извлекаемый из различных

секций печи, содержит до 4,1 МВт тепла. Температура такого воздуха вдоль всей печи меняется от 400 до 600 °С, а в редких случаях достигает больших величин. Если нагретый воздух собирать в единый коллектор, можно получить температуру не менее 300 °С. При помощи разработанных технических решений, например, рам особой конструкции можно получить дополнительно до 2 МВт тепла.

В общем, потери тепла в литейных установках значительны. Суммарные потери по теплу при работе 10 установок в течение 24 часов могут составить до 4,2 МВт. Температура отводящих тепловых потоков может достигать 600 °С. С помощью теплообменников можно использовать, как минимум 50 % энергии, получая при этом дополнительно до 2 МВт энергии. Подобное производство требует работы 5 воздушных компрессоров, где в системе охлаждения теряется около 2,5 МВт тепла или 22 тыс. МВт\*ч тепла в год.

Таким образом, на описываемом гипотетическом заводе при использовании тепловых потоков можно дополнительно генерировать до 10 МВт энергии. На промышленных предприятиях дополнительное утилизируемое тепло можно направлять на подогрев шихты; воздуха, газа, идущих на горение; воды для технологических нужд и т.д., для чего нужно разработать комплексную схему учета всех тепловых отходов [29, 4.3.1].

Использование скрытой теплоты фазового перехода (гл. 5.2.3, НДТ 16). Пароиспарительное охлаждение различных конструкций высокотемпературных агрегатов – это уникальный способ, дающий возможность получать пар при одновременном охлаждении различных деталей печей.

Для отвода тепла от охлаждаемых деталей в случае испарительного охлаждения печей используется скрытая теплота парообразования. Холодная охлаждающая вода заменяется кипящей пароводяной смесью, коэффициент теплоотдачи которой значительно выше, что дает возможность создавать различные энергетические циклы с использованием пароиспарительного охлаждения деталей печей. Пароиспарительное охлаждение позволяет получать пар в металлургии (и в машиностроении, химии), то есть там, где ведутся технологические процессы с высоким температурным уровнем – доменные, мартеновские электропечи черной металлургии; шахтные, плавильные, фьюминговые печи цветной металлургии.

Получать пар можно при охлаждении высокотемпературных газов, например, конверторных в черной металлургии. Пар получается при охлаждении практически всех внешних поверхностей высокотемпературных агрегатов – шахты доменных печей, фурменных приборов, клапанов воздухонагревателей. В мартеновских печах источником пара являются кессоны, пятовые балки, рамы, где вода испаряется при прохождении этих деталей [29, 4.3.3].

Приводимые ниже техники подлежат применению с учетом отраслевых особенностей предприятий ГМК, отнесенных к объектам I категории.



Выбор НДТ осуществляется руководством предприятий и зависит от характера технологических процессов и особенности сложившихся управленческих подходов.

Список приведенных техник не является полным или исчерпывающим. При применении исходить из положений основного отраслевого справочника, без ущерба действию других требований.

НДТ 1. Оптимальные контроль и управление системой потребления энергии и производственным процессом с использованием современных средств автоматизации.

НДТ 2. Утилизация тепловой энергии выбросов, отходов, продукции, систем охлаждения.

Описание:

Технические решения позволяют утилизировать бросовые энергетические потоки технологических процессов, тем самым снижая потребление первичных покупных энергоресурсов. Утилизированы могут быть: тепловая энергия выбросов, отходов, продукции, систем охлаждения, генерирующего или печного оборудования (в т.ч. работающего периодически), химических реакторов и прочие.

Возможные источники теплоэнергии в промышленности – газы, тепло материалов и отходов.

НДТ 2.1. состоит в применении одного или комбинации следующих методов:

Таблица 5.2. Вид производства, тепловой процесс и тепловые отходы и материалы

№ п/п	Вид производства	Тепловой процесс	Тепловые отходы и материалы
1	2	3	4
1	Металлургия		
1.1.	Коксохимия	Нагрев шихты	Коксовый газ
1.2	Агломерация	Нагрев шихты, охлаждение агломерата, нагрев воздуха	Агломерационные газы
1.3	Производство окатышей	Нагрев шихты, охлаждение окатышей	Отходящие газы
1.4	Доменное производство	Нагрев воздуха, нагрев и плавление шихты, химические реакции	Доменный газ, тепло металла, тепло шлака
2	Сталеплавильное производство		
2.1	Мартен	Нагрев воздуха, нагрев и плавление шихты, подготовка ковшей	Дымовые газы, тепло металла, шлака, ковшей, изложниц
2.2	Конвертор	Нагрев и плавление шихты, подготовка ковшей	Конверторный газ, тепло ковшей, металла, шлака, изложниц

2.3	Электropечи	Нагрев и плавление металла, обработка ковшей, нагрев шихты	Дымовой газ, тепло металла, шлака, ковшей, изложниц
2.4	Прокатное производство	Нагрев металла	Дымовые газы
2.5	Термическое производство	Нагрев металла, охлаждение металла	Дымовые газы
3	Машиностроение		
3.1	Получение чугуна	Нагрев и плавление шихты, подготовка вспомогательного оборудования	Ваграночные газы, тепло металла
3.2	Ковка металла	Нагрев металла	Отходящие газы, тепло металла
3.3	Термическое производство	Нагрев металла, охлаждение металла	Отходящие газы
3.4	Гальваническое производство	Подогрев ванны	Пар
4	Энергетика		
4.1	Получение пара	Нагрев котлов, подготовка воды, нагрев воздуха, перегрев пара	Отходящие газы, зола топлива
4.2	Получение энергии		Использование пара различного давления и температуры, конденсация пара, сбросное тепло градирен

Промышленные источники тепловой энергии приведены в нижестоящей таблице:

Таблица 5.3. Промышленные источники тепловой энергии

№ п/п	Источники	Температура, °С
1	2	3
1	Низкотемпературные источники тепла	
1.1	Паровая конденсация	70–100
1.2	Водоохлаждаемые системы: печные заслонки воздушные компрессоры насосы воздушные кондиционеры и холодильники	50–70 45–100 45–65 50–60
1.3	Процессы затвердевания	50–250
1.4	Процессы охижения	50–250
1.5	Сушилка, процессы приготовления пищи	110–250
1.6	Жидкостные конденсаторы	50–100
1.7	Охлаждение опор	50–100
1.8	Охлаждение сварочных агрегатов	50–100

1.9	Инжекционные формовочные машины	50–100
1.10	Обжиговые печи	80–250
1.11	Установки формовочных штампов	80–250
1.12	Конечные твердые продукты	110–250
1.13	Конечные жидкие продукты	до 220
1.14	Сушильные установки	110–250
1.15	Печи для подготовки продукции различного назначения	110–250
1.16	Экономайзеры	80–90
1.17	Теплообменники	55–60
1.18	Установки кузнечного прессового оборудования	45–65
1.19	Двигатели внутреннего сгорания	80–140
2	Среднетемпературные источники тепла	
2.1	Бойлер	250–500
2.2	Газотурбинная установка	400–600
2.3	Термическая печь	400–660
2.4	Сушильная печь	250–600
2.5	Печь для получения катализаторов	440–600
3	Высокотемпературные источники тепла	
3.1	Печь для получения никеля	1400–1700
3.2	Печь для получения алюминия	600–770
3.3	Печь для получения цинка	770–1100
3.4	Печь для получения меди	770–810
3.5	Мартеновская печь	660–720
3.6	Печь для получения цемента	640–750
3.7	Стекловаренная печь	1000–1600
3.8	Водородная установка	660–1000
3.9	Мусоросжигательная печь	600–1000

Известно, что на одном и том же промышленном агрегате может образоваться как высокотемпературный источник (например, дымовые газы), так и низкотемпературный (например, вода для охлаждения арматуры печей). В настоящее время использование высокотемпературных энергоносителей на практике, как правило, уже отработано. Это в основном теплообменники различной конструкции для нагрева газа, воздуха, воды. Высокопотенциальную тепловую энергию целесообразно использовать в виде пара, т.е. источником пара на промышленных предприятиях должны являться не паровые котлы, а высокотемпературные технологические агрегаты.

Отвод и потеря тепла охлаждающей водой происходит в мартеновских, нагревательных, электро-, ферросплавных печах черной металлургии.

Шахтные и плавильные печи цветной металлургии, вагранки машиностроения, высокотемпературные печи химического и других производств так же теряют свое тепло за счет охлаждения водой. Поэтому, используя их полые поверхности в качестве нагревательного элемента, можно нагревать воздух и газ, необходимые в технологическом процессе. В таблицах ниже показаны потери тепла в печах с охлаждающей водой и потенциал энергосбережения при их утилизации.

Таблица 5.4. Потери тепла нагревательными печами прокатных станов с охлаждающей водой

№ п/п	Печи	Средняя производительность печи при холодной высадке, т/час	Среднее количество тепла, поданного в печь, мг*ккал/ч	Потери тепла с охлаждающей водой		
				мг*ккал/ч	на 1 т тыс. ккал	%
1	2	3	4	5	6	7
1	Крупносортовых станов (900–700)	60	20	6,0/3,0	100/50	30/15
2	Листопрокатных станов (2800–2250)	50	30	7,0/2,0	140/40	23/7
3	Среднесортных станов (600–500)	40	20	3,75–2,25	93/56	19/11
4	Мелкосортных станов (400–250)	20	15	2,0/1,35	100/67	13/9

Данные по потерям тепла с охлаждающей водой в зависимости от емкости и производительности печей даны в ниже приведенной таблице.

Таблица 5.5. Потери тепла с охлаждаемой водой

№ п/п	Емкость печей, т	Производительность печи, т/час	Потери тепла с охлаждающей водой на 1 т металла, мг*ккал/ч		Потери тепла, %	
			на печь	на элемент, переведенный на пароиспарительное охлаждение	на печь	на элемент, переведенный на пароиспарительное охлаждение
1	2	3	4	5	6	7
1	35	5,0	0,29	0,24	17,0	13,9
2	50	6,3	0,24	0,19	16,0	12,4
3	70	8,0	0,20	0,16	13,8	11,0
4	90	9,7	0,29	0,25	21,0	17,8
5	125	12,6	0,23	0,19	17,8	14,7

Данные по теплу, поступающие с топливом, и его потерям с охлаждающей водой газовых мартеновских печей даны в ниже приведенной таблице.

Таблица 5.6. Приход тепла и потери его с охлаждающей водой для газовых мартеновских печей

№ п/п	Емкость печи, т	Производительность печи, т/ч	Приход тепла с топливом, ккал/ч		Потери тепла с охлаждающей водой, ккал/ч				Потери тепла, %	
			Средний на печь	На 1 т металла	На печь	на элементы, переведенные на испарительное охлаждение	На 1 т металла		На печь	на элементы, переведенные на испарительное охлаждение
							На печь	на элементы, переведенные на испарительное охлаждение		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	35	4,8	7,8	1,8	2,15	1,83	0,50	0,43	27,6	23,6
2	50	5,5	8,8	1,6	2,28	1,99	0,42	0,36	26,0	22,6
3	70	7,1	10,6	1,5	2,49	2,15	0,35	0,29	23,6	20,0
4	90	8,6	12,0	1,4	3,70	3,22	0,43	0,37	31,0	27,0
5	125	12,6	15,1	1,2	3,89	3,29	0,81	0,26	25,6	21,8
6	185	16,6	19,1	1,15	4,15	3,41	0,25	0,20	21,6	17,9
7	250	19,4	21,4	1,1	4,25	3,44	0,22	0,18	20,0	16,1
8	370	27,4	27,4	1,0	4,79	3,72	0,17	0,14	17,3	13,6
9	500	36,8	33,0	0,9	5,02	3,88	0,14	0,11	15,2	11,8

Даже при переводе охлаждения печей на пароиспарительное потери тепла составляют до 25 %. Таким образом, тепло, уносимое охлаждаемой водой, является дополнительным источником для нагрева материалов, используемых в технологическом цикле.

НДТ 2.2 состоит в применении одного или комбинации нескольких методов.

Таблица 5.7. Энергоэффективные объекты и технологии, качественная характеристика объекта, обуславливающая его энергетическую эффективность

№ п/п	Энергоэффективные объекты и технологии	Качественная характеристика объекта, обуславливающая его высокую энергетическую эффективность
1	2	3
		Наиболее эффективная утилизация вторичных

1	Блок воздухонагревателей доменной печи.	энергоресурсов может быть достигнута за счет нагрева дутья для доменных печей с помощью смеси природного и попутных металлургических газов (доменный, коксовый); (снижение удельного расхода условного топлива на тыс. куб. м дутья до 72–80 кг у.т./тыс. куб. м).
2	Установка сухого тушения кокса.	Эффективная утилизация технологического тепла раскаленного кокса для выработки пара, с последующим его использованием на технологические нужды или для производства электроэнергии.
3	Установка для утилизации тепла раскаленного доменного и конвертерного шлака, отходящих дымовых газов, топливных газов или вторичного пара.	Полезное использование технологического тепла раскаленного доменного или конвертерного шлака для выработки пара или тепловой энергии, с последующим его использованием на технологические нужды или производства электроэнергии.
4	Установки, предназначенные для утилизации тепла отходящих газов электросталеплавильных печей.	Утилизация тепла дымовых газов электросталеплавильных печей использование газокислородных горелок, автоматических устройств перепуска электродов, минимизации времени загрузки шихтовых материалов и автоматизации процесса ведения плавки (удельный расход электроэнергии на тонну выплавленной стали на 15–25 % ниже).
5	Установка для утилизации отходящего тепла агломерационных машин и охладителей агломерата.	Снижение расхода газообразного и твердого топлива за счет утилизации тепла горячего агломерата и подачи нагретого воздуха от охладителя агломерата в слой шихты и на подогрев воздуха горения.
6	Установка по сбору, хранению и транспортировке конвертерного газа.	Использование вторичного металлургического газа в качестве топлива для снижения расхода природного газа вместо сжигания на свечах, утилизация тепла конвертерного газа для выработки тепловой и электрической энергии.

7	Установка утилизации тепла отходящих газов печей производства ферросплавов.	Утилизация тепла дымовых газов печей производства ферросплавов путем выработки тепловой энергии.
8	Установки колпаковых печей термообработки проката трансформаторных и углеродистых марок стали в водородной и азото-водородной атмосфере.	Существенно более эффективный нагрев заготовок (рулонов) за счет использования нагревателей и горелок, систем охлаждения и автоматизации, теплоизоляционных материалов и конструктивных решений в сравнении с печами предыдущего поколения типа СГВ.
9	Установки для производства извести и доломита с подогревом сырья отходящими дымовыми газами.	Утилизация тепла дымовых газов печей производства извести, доломита для подогрева исходного сырья и снижения расхода топлива на производство продукции.
10	Обжиговая машина конвейерного типа для обжига сырых железорудных окатышей.	Производство железорудных окатышей, являющихся сырьевым материалом для производства чугуна в доменной печи с расходом газообразного топлива не более 11 кг/т
11	Печи нагревательные и термические.	Высокие показатели энергоэффективности обеспечиваются следующими конструктивными особенностями современных нагревательных печей: применением современных горелочных устройств; применением систем автоматизации; использованием высокоэффективных изолирующих материалов футеровки; сокращением длительности нагрева заготовок; нагревом воздуха горения до 500 °С в рекуператоре; оптимальным распределением тепловой мощности печи по зонам при нагреве металла; обеспечением высокой газоплотности печи; снижением угара металла до 0,7 % ; обеспечением равномерного нагрева слябов по толщине и

	ширине. Удельный расход газообразного топлива на нагрев заготовки не более 55 кг у.т./т
--	---

## Эффект

Тепловые потоки от горячих поверхностей металлургического оборудования так же представляют определенный интерес. Теплый воздух, извлекаемых из различных секций печи, содержит 4,1 МВт тепла. Температура такого воздуха вдоль всей печи меняется от 400 до 600 °С, а в редких случаях достигает больших величин. Если воздух собирать в единый коллектор, можно получить температуру не менее 300°С. При помощи разработанных технических решений, рам особой конструкции можно получить дополнительно до 2 МВт тепла. В общем, литейные установки теряют значительное количества тепла. Такое тепло при работе 10 установок в течение 24 часов составит 4,2 МВт. Температура отводящих тепловых потоков может достигать 600 °С. Возможно использовать, как минимум 50 % их энергии с помощью теплообменников, получая дополнительно до 2 МВт энергии. Подобное производство требует работы 5 воздушных компрессоров, где в системе охлаждения теряется около 2,5 МВт тепла или 22 тыс. МВт\*ч тепла в год. Таким образом, на описываемом гипотетическом заводе при использовании тепловых потоков можно генерировать до 10 МВт энергии. На промышленных предприятиях дополнительное утилизированное тепло можно направлять на подогрев шихты; воздуха, газа, идущих на горение, воды для технологических нужд и т.д., для чего нужно разработать комплексную схему учета всех тепловых отходов.

## Применимость

На всех предприятиях, имеющих источники тепла, которое можно использовать повторно для нагрева сырьевых материалов, газа, воздуха.

НДТ 3. Оптимизация термодинамических параметров (температура, время, давление) производственного процесса, в том числе теплоизоляция объектов с повышенной температурой

## Описание

НДТ состоит в оптимизации термодинамических параметров (температура, время, давление) производственного процесса, в том числе теплоизоляции объектов с повышенной температурой.

Источники низкопотенциальной энергии от множества технологических агрегатов пока не нашли широкого применения в промышленности. Это тепло воды, охлаждающей арматуру печей, внешней поверхности печей, воздушных потоков, циркулирующих в межпечном пространстве. Энергетические объекты отдают тепло воде, циркулирующей в водоохлаждающих системах оборудования, которая охлаждается на градирнях, возвращаясь затем в оборотные системы воды или поступая в системы теплоснабжения. Большое количество вспомогательного оборудования в



металлургии, машиностроении, химии, имеющую высокую температуру стенок, охлаждаются на воздухе, их тепло рассеивается в атмосфере. Это разливочные ковши, формы для затвердевания металла и т.д. Значительные тепловые потоки образуются при остывании промежуточной и конечной продукции, при остывании жидких и твердых отходов производства (шлаки, шламы). Их тепло пока не утилизируется в полной мере.

Тепло образуется при работе насосов, компрессоров, двигателей внутреннего сгорания, газовых турбин, отдельные конструкции которых требуют охлаждения. В качестве хладагентов используется вода, воздух, масло, химические смеси. Их температура невысока, однако такое тепло можно использовать в практических целях. В ряде случаев вода является участницей технологического процесса. Например, гидросбив в прокатном производстве. Она нагревается и сбрасывается в производственную сеть, но ее тепло целесообразно утилизировать. При термической обработке металла разделение смесей в нефтехимии, извлечение отдельных компонентов из смесей в химическом производстве образуется низкопотенциальное тепло. И таких примеров можно привести много. Тепловые насосы – одно из средств, дающее возможность утилизации тепла тепловых отходов, в первую очередь с низкой температурой. Для теплонасосных установок могут быть использованы различные источники энергии: низкопотенциальные ВЭР в виде пара и горячей воды, обратная сетевая вода систем теплоснабжения, уходящие газы котлов и технологических агрегатов, сточные воды, морская и речная вода, грунт и грунтовые воды и т.д.

Используя пароиспарительное охлаждение различных конструкций высокотемпературных агрегатов, можно получать пар, одновременно охлаждая различные детали печей. В случае испарительного охлаждения печей используется скрытая теплота парообразования для отвода тепла от охлаждаемых деталей. Холодная охлаждающая вода заменяется кипящей пароводяной смесью, коэффициент теплоотдачи которой значительно выше. Создается возможность создавать различные энергетические циклы при использовании пароиспарительного охлаждения деталей печей. Пароиспарительное охлаждение дает возможность получить пар в металлургии, машиностроении, химии, других отраслях промышленности, где ведутся технологические процессы с высоким температурным уровнем. Агрегаты, где можно, охлаждая детали, получать пар, достаточно разнообразны. Это печи кипящего слоя сернокислотного производства; доменные, мартеновские электропечи черной металлургии; шахтные, плавильные, фьюминговые печи цветной металлургии; вагранки в машиностроении и т.д. Получать пар можно при охлаждении высокотемпературных газов, например, конверторных в черной металлургии. Пар можно получать при охлаждении практически всех внешних поверхностей высокотемпературных агрегатов. Например, пар образуется при охлаждении шахты доменных печей, фурменных приборов, клапанов воздухонагревателей. В

мартеновских печах источником пара являются кессоны, пятовые балки, рамы, где вода испаряется при прохождении этих деталей. В методических печах прокатного производства системами пароиспарения задействованы опорные трубы, пятовая балка.

#### Эффект

Вагранки дают пар при охлаждении их шахт. Утилизировать можно и конденсат, например, установка паровых конденсатоотводчиков на газонагревателе коксовых батарей с обеспечением возврата конденсата дает энергосберегающий эффект 12 МДж/т кокса (пар).

Теплонасосные установки (далее – ТНУ) могут наиболее эффективно применяться при замене водогрейных электродкотлов. Коэффициент трансформации мощных ТНУ находится в диапазоне 2,5–5. Существует множество примеров использования ТНУ на производстве. Летом для обеспечения заданной температуры обратной воды и коксового газа в летний период, зимой – для работы в системе теплоснабжения комбината. Источником энергии для них может являться ВЭР коксохимического производства, значительная часть которого используется неэффективно, а в летний период большей частью теряется. Другой пример: на одном из предприятий стекольной промышленности тепловой насос использует тепловые отходы от линии воздушных компрессоров. Полученное тепло используется для снабжения производственных участков горячей водой и других целей. В результате значительно сокращается использование природного газа. Создана циркуляционная водяная система, где тепло воды используется в испарителе. Охлаждаемая вода направляется к воздушному компрессору. Второй процесс – обратная вода подводится к конденсатору теплового насоса и увеличивает температуру горячей воды для отделочных работ стекольного производства.

#### Применимость

С учетом вышеописанных подходов НДТ могут быть внедрены на тех предприятиях, где это применимо.

НДТ 4. Повторное использование отходов технологического процесса и уменьшение их количества

#### Описание

Не только продукция или технологические процессы могут служить источником энергии. Отходы производств тоже могут являться ценным ресурсом как сырьевым, так и топливным. НДТ состоит в повторном использовании отходов технологического процесса и уменьшении их количества.

#### Эффект

Промышленные отходы в виде золы и шлаков от сжигания твердых видов топлива (уголь разных видов, горючие сланцы, торф) на ТЭС являются перспективным сырьем. Химический и минералогический состав зольных и шлаковых отходов подходит для производства строительных материалов, использования в дорожном строительстве, в

производстве удобрений, в качестве наполнителей при производстве пластмасс. Перспективной является глубокая (комплексная) переработка золошлаковых отходов с получением глинозема, кремнезема, концентрата железа и целого ряда редкоземельных материалов.

Применимость

Применимо повсеместно.

НДТ 5. Инфраструктурные и технологические приемы по повышению энергоэффективности

Описание

Сокращение удельного энергопотребления при увеличении объемов производства является обычным явлением и связано с двумя факторами:

при более высоких объемах выпуска производственное оборудование используется на протяжении более длительных периодов, а периоды простоя становятся короче. Некоторые виды оборудования должны функционировать постоянно, даже в периоды, когда не производится никакой продукции. С увеличением объемов производства длительность таких непроизводительных периодов уменьшается;

существует базовый уровень энергопотребления, не зависящий от степени загрузки производственных мощностей. Это потребление связано с энергозатратами на запуск оборудования и поддержание его необходимой температуры, использованием освещения, систем вентиляции, офисного оборудования и т.п. Энергозатраты на отопление помещений зависят, главным образом, от температуры наружного воздуха, а не от степени загрузки мощностей. При больших объемах производства эти постоянные затраты будут распределены по большему количеству единиц (тонн) продукции.

Проекты по технологической кооперации источников тепло- и электроэнергии с крупными потребителями также несут значительный потенциал энергосбережения, что в комплексе дает синергетический эффект, например, сбор и прием возвратного конденсата от внешних потребителей пара ТЭЦ.

НДТ состоит во внедрении энергоэффективного оборудования, применении одного или комбинации нескольких приведенных ниже методов.

Таблица 5.8. Методы внедрения энергоэффективного оборудования и получаемый эффект

№ п/п	Метод/оборудование	Эффект
1	2	3 Электропривод является одним из основных потребителей электрической энергии для многих производств. Начальные затраты на приобретение такого

1	Использование энергоэффективных электродвигателей.	двигателя могут быть на 50–100 % выше по сравнению с традиционным оборудованием при мощности менее 15 кВт, но при этом может быть достигнуто энергосбережение в размере 2–8 % от общего энергопотребления
2	Выбор оптимальной номинальной мощности электродвигателей.	Очень часто номинальная мощность электродвигателя является избыточной с точки зрения нагрузки – двигатели редко эксплуатируются при полной нагрузке. При нагрузке ниже, чем 40 % от номинальной нагрузки условия работы двигателя существенно отличаются от оптимальных, и КПД снижается очень быстро
3	Использование электроприводов с переменной скоростью.	Использование приводов с переменной скоростью, представляющих собой сочетание электродвигателя с регулирующим устройством, способно привести к значительному энергосбережению, связанному с более эффективным управлением характеристиками технологического процесса.
4	Использование передач/редукторов с высоким КПД.	Передаточные механизмы, включая валы, ремни, цепи и зубчатые передачи, требуют надлежащей установки и технического обслуживания. При передаче механической энергии от двигателя к исполнительному устройству имеют место потери энергии, которые могут варьироваться в диапазоне от 0 до 45 %, в зависимости от конкретных условий. По возможности следует использовать синхронные ременные передачи вместо клиновидных передач. Зубчатые клиновидные передачи являются более эффективными, чем традиционные клиновидные. Косозубая цилиндрическая (геликоидальная) передача является значительно более эффективной, чем червячная. Жесткое соединение является

		оптимальным вариантом там, где его применение допускается техническими условиями, тогда как применение клиновидных ременных передач следует избегать.
5	Ремонт и перемотка электродвигателя с обеспечением энергоэффективности или замена на энергоэффективный электродвигатель.	Перемотка двигателей широко практикуется в промышленности. Это более дешевый и во многих случаях более быстрый вариант, чем приобретение нового двигателя. Однако перемотка двигателя может привести к снижению его КПД более чем на 1 %. Следует уделить должное внимание процессу ремонта и выбору ремонтной организации, которая должна быть авторизована производителем двигателя.

#### Применимость

Применимо на всех предприятиях.

НДТ 6. Комплексный подход к выявлению резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности теплоэнергетических и энерготехнологических систем предприятий

#### Описание

Значительным масштабом потребления энергоресурсов характеризуются энерготехнологические установки и системы черной и цветной металлургии, промышленности строительных материалов, нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности, работающие на ископаемом топливе. Практически все эти отрасли отнесены к I категории, регулирование деятельности которой осуществляется посредством реализации концепции внедрения наилучших доступных техник. Для радикального изменения ситуации к лучшему необходимо определить сектора экономики, обладающие наибольшими резервами энергосбережения, и именно в данных областях развернуть работы по масштабной реализации этих резервов. Работы по выявлению и реализации наиболее масштабного резерва энергосбережения следует сосредоточить на объектах энергоемких отраслей промышленного производства, обращая особое внимание при этом на энерготехнологические объекты и системы.

Оценка эффективности сложных и распределенных энерготехнологических систем, их энергетической эффективности – процесс системный и многофакторный.

НДТ состоит в применении одного или комбинации нескольких приведенных ниже методов и подходов анализа энергетической эффективности промышленных процессов и агрегатов с точки зрения их функциональных возможностей.

Таблица 5.9. Существующие методы и подходы энергетического анализа, ключевые особенности традиционных методов анализа, недостатки существующих подходов

№ п/п	Существующие методы и подходы энергетического анализа	Ключевые особенности традиционных методов анализа	Недостатки существующих подходов
1	2	3	4
1	Балансовые методы	Показывают общие балансовые потери и соответственно резервы энергосбережения	Неполно учитывает потенциалы энергоносителей и потоков ТЭР
2	Анализ энергоемкости агрегатов (удельных расходов энергоресурсов)	Показывает структуру затрат энергии на выработку продукции	Не учитывает геометрические особенности рабочих камер энергоустановок
3	Пинч-анализ	Выявляет "узкие места" энерготехнологических агрегатов и систем	Требуется сочетания общеканальных подходов и потенциалов энергопотоков
4	Эксергетический анализ	Показывает неочевидные при балансовом подходе термодинамические резервы повышения эффективности	Требуется расчет эксергии всех участвующих потоков и элементов системы
5	Сквозной энергетический анализ (метод технологических топливных чисел)	Показывает как энергетические, так и неэнергетические резервы повышения эффективности системы	Требуется подробной статистики о прямых и косвенных расходах энергоресурсов на всех стадиях и переделах
6	Комплексный энергетический анализ	В качестве единицы энергоемкости продукта используются кумулятивные затраты энергии/ эксергии на процесс	Требуется подробной статистики о прямых и косвенных расходах энергоресурсов на всех стадиях и переделах
7	Методология интенсивного (предельного) энергосбережения	Показывает максимальные резервы (повышения энергетической эффективности всей системы)	Требуется подробной статистики о прямых и косвенных расходах энергоресурсов на всех стадиях и переделах

Практика ставит перед предприятиями задачи рационализации существующих энергонасыщенных производств, создания новых, более совершенных (и в термодинамическом, и в системном плане) комплексов.

Для этого в первую очередь требуется энерготехнологическая или термодинамическая оптимизация как способ рациональной организации непосредственно теплотехнологических и энерготехнологических процессов. Далее должна быть проведена поэтапная рационализация теплоэнергетических схем крупного

производства. С физической точки зрения энергетические взаимодействия в промышленных теплотехнологических и энерготехнологических агрегатах определяются в основном потенциалами взаимодействующих сред и компонентов, а также пространственной организацией объема рабочей камеры и агрегата в целом. Соответственно, повышение эффективности энерготехнологических агрегатов может производиться как в направлении термодинамического совершенства, так и в плане пространственной оптимизации объектов и рабочих камер (иногда они дополняют друг друга).

Таким образом, можно вычлени́ть два блока резервов повышения эффективности: термодинамический и пространственный (включая эффекты масштабов). К первой группе необходимо отнести использование различных вторичных энергетических потоков и энергоресурсов, энерготехнологическое комбинирование. В первую очередь это касается промышленных энерготехнологических комплексов, хотя сюда также необходимо отнести и комбинированное производство тепловой и электрической энергии (когенерацию) на ТЭЦ. Вторая группа включает в себя оптимизацию геометрических параметров рабочей камеры, пространственное энерготехнологическое комбинирование.

Термодинамическую природу имеет еще один тип резервов – использование скрытой (неявной) энергии. Это может быть энергия химических превращений, фазовых переходов и др. Поскольку вторичные энергетические потоки не всегда бывают явными, использование скрытой энергии (полной внутренней энергии вещества) мы относим к отдельному типу резервов. Это, к примеру, использование металлолома в конверторах, "горячий посад" в нагревательных печах металлургии, применение утилизационных бескомпрессорных турбин (далее – ГУБТ), детандер-генераторов для использования избыточного давления газов и др.

Весьма значимым и актуальным типом резервов в энергетических системах и агрегатах являются отклонения от оптимальных расчетных режимов функционирования (особенно актуальные для крупных энергоисточников), ведущие кроме потерь эффективности также к снижению безопасности работы и росту аварийности. Поскольку промышленные и коммунальные системы теплоэнергоснабжения в последнее время функционируют в существенно нерасчетных условиях, возвращение системы к расчетно-оптимальным режимам работы видится в качестве отдельного важного резерва. Это касается практически всех элементов систем теплоэнергоснабжения: источников, потребителей, сетевых устройств.

Упомянутые типы резервов имеют тепловую (термодинамическую) природу, тогда как к пространственному типу резерва мы относим повышение эффективности использования ресурсов за счет факторов размеров, топологии систем, территориального комбинирования. Примеры этого также можно видеть в самых разных сферах: падение удельных затрат на отопление при росте размеров зданий

разного назначения, пороги роста энергоэффективности централизованных систем теплоэнергоснабжения городов с увеличением их размеров.

НДТ 6.1 состоит в выявлении возможных резервов повышения энергетической эффективности различных энерготехнологических систем и комплексов.

Таблица 5.10. Тип и природа резервов повышения энергетической эффективности, методы и модели определения

№ п/п	Тип резервов	Природа резервов	Методы и модели определения
1	2	3	4
1	Энерготехнологическое комбинирование	Использование всего потенциала энергоресурсов	Энергетические и эксергетические балансы, предельное энергосбережение
2	Использование скрытой теплоты (внутренней энергии)	Использование энергозатрат предыдущих переделов	Сквозной анализ энергоемкости продукции
3	Эффекты масштаба и топологии систем	Концентрация, централизация, соотношение линейных размеров и объемов	Типологические модели объектов (по размерам, структуре, масштабам)
4	Замена источника энергии в агрегатах	Повышение эффективности подачи энергии в рабочую камеру	Использование преимуществ новых (комбинированных) источников энергии
5	Работа агрегатов и систем в номинальных режимах	Выход за номинальные режимы приводит к резкому уменьшению эффективности	Сравнение параметров с номинальными, комплексные обследования электротехнических комплексов (далее – ЭТК)

Ключевым показателем, который может быть использован для сравнительного анализа эффективности разнородных процессов, агрегатов и теплотехнологических систем, является энергоемкость, т.е. величина потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы.

Функциональные различия агрегатов и системы оценок эффективности (энергоемкости) даны в нижеприведенной в таблице.

Таблица 5.11. Типы агрегатов, их функции и системы оценок эффективности (энергоемкости)

№ п/п	Тип агрегатов	Функции	Система оценок эффективности (энергоемкости)
1	2	3	4



1	Высокотемпературные энерготехнологические агрегаты	Плавление, нагрев, спекание, термообработка и др.	Удельная (на м3 или м2) производительность агрегатов, коэффициент использования тепла топлива (далее – КИТ), энергоемкость на единицу продукции
2	Энергоисточники общего пользования	Выработка электрической и тепловой энергии	Удельные расходы топлива (энергоемкость) на выработку тепловой и электрической энергии, КИТ
3	Система теплоснабжения	Обеспечение тепловой энергией потребителей	Удельные расходы тепловой энергии на отопление, удельные расходы ТЭР на передачу, потери при транспорте тепла (совокупная энергоемкость системы энергоснабжения)

НДТ 6.2 состоит в применении одного или нескольких методических подходов к расчету энергоемкости.

Таблица 5.12. Методические подходы к расчету энергоэффективности

№ п/п	Подход	Особенности определения энергоемкости
1	Сквозной энергетический анализ	<p>Энергоемкость продукта представлена в виде технологического топливного числа (далее – ТТЧ), суммирующего все виды затрат в энергетических единицах от добычи ископаемых до получения продукта. Величина ТТЧ, кг у.т./ (ед. продукта), вычисляется по формуле:</p> $ТТЧ = Э1 + Э2 + Э3 - Э4.$ <p>где  Э1 – первичная энергия – химическая энергия топлива с учетом затрат на добычу, транспорт и др.; Э2 – производная энергия – энергоемкость производных энергоносителей (электроэнергия, пар, вода и т.д.); Э3 – скрытая энергия, израсходованная в предшествующих технологиях на сырьевые материалы, а также на</p>

		<p>оборудование, капитальные сооружения, инструмент, ремонт, внутризаводские перевозки и другие вспомогательные операции ; Э4 – энергия вторичных ресурсов, в случае их полезного энергетического или технологического использования.</p>
2	Комплексный энергетический анализ	<p>Авторами методологии комплексного энергетического анализа технических систем в качестве меры энергоемкости продукта используются кумулятивные затраты энергии/эксергии на процесс. Кумулятивные затраты энергии сопоставимы по величине с ТТЧ, но в общем случае не совпадают, расхождение объясняется использованием в комплексном энергетическом анализе полных энергетических балансов.</p>
3	Концепция интенсивного энергосбережения	<p>В рамках методологии интенсивного энергосбережения рассматривается энергоемкость технологии производства продукта, кг.т./(ед. продукции):  ВВИД – видимый удельный расход топлива, пересчитанный на первичное топливо (то же, что Э1) ;  ВПРЕОБР – удельный расход первичного преобразованного топлива на производство прочих энергоносителей (пара, тепло- и электроэнергии, сжатого воздуха, кислорода, воды и др.), использованных в данной технологии. То же, что Э2;  ВЭКВ – удельный расход эквивалентного топлива. Определяется на основе теплоты экзотермических реакций. Выражается в эквивалентных по теплоте единицах условного топлива. В методике расчета ТТЧ аналогов не имеет;  ВПЕРЕХ – удельный расход первичного переходящего топлива . Определяется по полным затратам энергии на производство</p>

		и доставку сырьевых материалов и полупродуктов. Это часть величины скрытой энергии ЭЗ; ВЗАМ – удельный расход первичного замещаемого топлива. Определяется по экономии топлива в замещаемом объекте в результате производства в данной технологии дополнительной энергетической или технологической продукции, которая аналогична продукции, вырабатываемой в замещаемом объекте. То же, что Э4, но за вычетом вторичного топлива; ВВТОРИЧ – удельный выход вторичного топлива. Это часть величины Э4.
4	Концепция векторного дипольного") энергоанализа	<p>Энергоемкость представлена в виде вектора в координатах N (электроемкость) – Q (тепло/топливоемкость), наглядно демонстрирующей приоритетность видов энергии (энергоносителей).</p> <p>В самом общем виде полный вектор энергоемкости должен включать в себя три координаты (топливо, тепло, электроэнергию), но для большинства технических задач энергетического анализа и выявления резервов энергосбережения тепло- и топливоемкость могут быть объединены, так как является проявлением схожих процессов генерации тепловой энергии в процессе горения топлива или движения высокотемпературных потоков.</p>

Показатели энергетической эффективности энерготехнологических агрегатов и систем и формулы для их определения даны в нижеприведенной таблице.

Таблица 5.13. Показатели энергетической эффективности и формулы для их определения

№ п/п	Показатели эффективности	Формулы для определения
1	2	3
1	Видимый расход топлива, КПД установки (системы)	$V_{\text{вид}} = V_{\text{факт}} / \eta_{\text{прод}}$ , $\eta = Q_{\text{полезн}} / Q_{\text{полн}}$

2	Удельный расход с учетом регенерации и утилизации вторичных энергоресурсов	$уд = (W_{вид} - W_{рег}) / G_{прод}$
3	Удельные отходы и выбросы на единицу продукции (топлива)	$w = W_{полн} / G_{прод}$
4	Удельные отходы и выбросы на единицу топлива с учетом регенерации	$w = W_{полн} / W_{уд}$ $w^* = W_{полн} / V^*_{уд}$
5	Удельные отходы и выбросы на единицу основной продукции с учетом вторичной продукции (пар, электроэнергия, холод)	$w^* = W_{полн} / (G_{прод} + D_{вторичн})$

Примерный алгоритм построения полных векторов энергоемкости для выявления ключевых резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности в энерготехнологических системах и комплексах дан в нижеприведенной таблице.

Таблица 5.14. Алгоритм построения полных векторов энергоемкости для выявления ключевых резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности

№ п/п	Наименование этапа	Содержание этапа
1	2	3
1	Выявление ключевого объекта, набора объектов анализа	Уточнение при необходимости состава объектов и границ рассматриваемой системы
2	Определение частных составляющих энергоемкости	Уточнение значений тепло-, топливо-, электроемкости п р о д у к ц и и энерготехнологических агрегатов
3	Оценка энергоемкости скрытых потоков	Уточнение параметров энергоемкости скрытых и вспомогательных потоков
4	Построение общего вектора энергоемкости продукции	Определение полей (векторов) полной энергоемкости продукции в координатах топливо(тепло)-емкости и электроемкости
5	Переход от частных установок к агрегатам, территориальным объектам	Отражение векторов полной энергоемкости системных объектов в полях Q и N энергоемкости
6	Учет потерь тепла и электроэнергии при транспорте и преобразовании	Добавление полей значений Q и N энергоемкости в дополнительных квадрантах (левый верхний и правый нижний) номограмм
7	Переход к полной энергоемкости системы на энергоисточниках	Уточнение полей полной энергоемкости фактических энергоисточников и сравнение с оптимальными (левый нижний квадрант)

## Применимость

Практически для всех предприятий.

## НДТ 7. Использование инструментов энергетического менеджмента

### Описание

НДТ состоит в разработке, внедрении и последовательном совершенствовании системы энергетического менеджмента, область охвата которой определяется организацией с учетом особенностей использования энергии и приоритетных направлений повышения энергетической эффективности.

На уровне предприятия возможности модернизации и развития не ограничиваются мерами технического характера, а дополняются схемными решениями и методами интеграции процессов (выявления резервов), а также методами совершенствования систем менеджмента. При этом наибольшую эффективность показывает комплексный подход, использующий все три вышеотмеченных типа мер. Необходимо принимать во внимание, что перечни технических инструментов и мер никогда не являются исчерпывающими, подвержены корректировке и постоянно обновляются в силу развития науки и техники.

Преимущество использования системы энергетического менеджмента заключается в том, что применяться эти методы могут в любых организациях независимо от вида деятельности, масштаба, наличия инвестиционных ресурсов или средств измерения. Любая организация может добиться экономии энергии, применяя рациональные принципы и методы, используемые в других областях деятельности при управлении финансами, сырьем, персоналом, воздействием на окружающую среду, безопасностью и здоровьем персонала и т.д.

Система энергетического менеджмента наиболее результативна в том случае, когда она органично встроена в общую систему менеджмента организации, а приоритет высокой энергетической эффективности присутствует в ежедневном процессе принятия решений в компании.

Укрупненные блоки (виды деятельности) при использовании инструментов энергоменеджмента на предприятии даны в нижеприведенной таблице.

Таблица 5.15. Блоки (виды деятельности) и комплекс мер при осуществлении энергоменеджмента

№ п/п	Блок (вид деятельности)	Комплекс мер
1	2	3
1	Обеспечение вовлеченности	ответственность высшего руководства (энергополитика, анализ со стороны руководства); вовлечение сотрудников (обучение, информирование, система мотивации, система

		рационализаторских предложений , инвентаризация должностных и рабочих инструкций)
2	Мониторинг, планирование и энергетический анализ	юридические обязательства; сбор данных; - обработка данных; энергоанализ (мониторинг и прогноз энергорезультативности крупных потребителей и компании в выбранных границах по всем видам ТЭР, включенным в охват); выбор и установка целевых показателей; банк идей; формирование программы на очередной период
3	Реализация	выделение ресурсов; реализация запланированных мероприятий; операционный контроль; критические операционные параметры; документирование (ведение записей)
4	Проверка	внутренние аудиты; анализ со стороны руководства; м о н и т о р и н г энергорезультативности
5	Корректировка	корректирующие действия; превентивные меры

В состав СЭнМ входят в той мере, в какой это применимо в конкретных условиях, следующие элементы:

1. Обязательства высшего руководства.
2. Разработка и принятие энергетической политики (политики в области энергоэффективности).
3. Организация учета и мониторинга, энергетические аудиты, определение базовой линии энергопотребления, использование методов визуализации и построение моделей; бенчмаркинг.
4. Планирование, в т.ч. выбор значимых энергопотребителей и энергетический анализ; установление целей и задач, показателей энергетической результативности (например, показатели удельного потребления энергоресурсов на единицу выпускаемой продукции, площади помещения, количества сотрудников и т.д.); определение возможностей для улучшений и формирование плана энергосберегающих мероприятий (программы энергосбережения) с оценкой их ожидаемой экономической

эффективности по одному или нескольким параметрам. В числе этих параметров необходимо упомянуть: простой или дисконтированный срок окупаемости, чистый дисконтированный доход, индекс рентабельности и т.д.

5. Операционный контроль, критические операционные параметры и технические проверки.

6. Проектирование.

7. Закупки.

8. Внедрение энергосберегающих мероприятий (далее – ЭСМ) с дальнейшим мониторингом их эффективности, включая определение полученного энергосберегающего эффекта в сопоставимых условиях.

9. Проверки результативности, в т.ч. внутренние аудиты; оценка со стороны руководства; подготовка периодической декларации об энергоэффективности.

10. Обеспечение вовлеченности персонала, в т.ч. информирование; обучение и повышение квалификации; создание система рационализаторских предложений; создание системы мотивации.

11. Разработка и соблюдение процедур, в т.ч. организационная структура; документирование и ведение записей.

Эффект

Перечень элементов системы энергетического менеджмента представляет собой полный набор требований в части управленческих методов достижения высокой энергетической результативности, добросовестное выполнение которых дает желаемый эффект вне зависимости от привлекаемых инвестиций и других сопутствующих мероприятий.

Применимость

Любые организации, технологические процессы или системы.

НДТ повышения энергоэффективности в черной металлургии

НДТ 8. Применение большегрузной карьерной техники.

Описание

НДТ состоит в применении большегрузной карьерной техники для добычи и транспортировки горной массы в железорудных карьерах. Происходит увеличение размеров ковшей экскаваторов, погрузчиков, пропорциональное увеличению грузоподъемности большегрузных автосамосвалов с сохранением оптимального соотношения количества ковшей для погрузки одного самосвала.

Эффект

Переход на большегрузную технику позволит уменьшить удельные эксплуатационные затраты на экскавацию и транспортировку горной массы в железорудных карьерах. Уменьшение количества единиц технологического

оборудования в карьере, снижение эмиссий в окружающую среду, снижение энергопотребления и потребления топлива в процессах экскавации и транспортировки горной массы в железорудных карьерах. Используется следующий метод.

Таблица 5.16. Метод перехода на большегрузную технику

№ п/п	Метод/оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
1	2	3	4
1	Переход на большегрузную карьерную технику	Увеличение производительности оборудования на 10 %	Применим для карьеров, геометрические размеры которых позволяют ее размещение и работу. Возможность вести селективную добычу руды и вскрыши в приконтактных зонах. Экономическая целесообразность.

#### Применимость

Для добывающих предприятий.

НДТ 9. Проведение горных выработок и применение систем отработки с использованием современного высокопроизводительного самоходного оборудования

#### Описание

НДТ состоит в переходе на современную высокопроизводительную горную технику для бурения, крепления, добычных операций и транспортировки горной массы в подземных условиях отработки железорудных месторождений. Обеспечивает значительное снижение доли постоянных затрат, безопасность, эргономику, комфортные условия работы для операторов и обслуживающего персонала, экономию энергоресурсов и материалов (см. таблицу ниже).

Таблица 5.17. Использование современного высокопроизводительного самоходного оборудования

№ п/п	Метод/оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
1	2	3	4
1	Оборудование обладает высоким уровнем производительности и автоматизации технологических процессов, что позволяет увеличивать темпы добычи и концентрировать горные работы	Повышение производительности на 20–50 %	При допустимых горногеологических условиях. Экономическая целесообразность

#### Эффект



Основные преимущества современного самоходного оборудования – улучшение безопасности и производительности, минимизация потерь и разубоживания руды, эргономика и комфортные условия. Эксплуатация установок очистного бурения с высоким уровнем автоматизации технологического процесса и позиционированием позволяет достичь беспрецедентно высокой производительности, точности и прямолинейности скважин. Передовые механизированные комплексы для установки анкерov, нанесения бетонных смесей обеспечивают оперативное крепление значительных площадей обнажений горных выработок, в большинстве случаев позволяют вытеснить тяжелые виды крепей и использование крепежного леса, деревянных затяжки и забутовки. Погрузочно-доставочные машины (далее – ПДМ) способны преодолевать большие уклоны и быстро перемещаться на существенные расстояния, обеспечивать высокую производительность с низкой удельной себестоимостью погрузки и транспортирования. ПДМ и буровые установки с электрическим приводом используют экологически чистую электрическую энергию и обеспечивают лучшие условия труда за счет отсутствия выхлопных газов, меньшего уровня вибраций и шума. Кроме того, снижаются требования к вентиляции выработок, происходит сокращение расходных материалов, таких как моторное масло и фильтры, увеличиваются интервалы между техническим обслуживанием.

#### Применимость

Для предприятий, ведущих процесс по добыче и транспортировке.

НДТ 10. Частотное регулирование приводных двигателей установок главного и вспомогательного проветривания и водоотлива для подземной добычи

#### Описание

НДТ состоит в применении частотного регулирования угловой скорости вращения электропривода с асинхронным (синхронным) двигателем и позволяет в широком интервале плавно изменять обороты вращения как выше, так и ниже номинальных значений для насосного и вентиляторного привода.

#### Эффект

Способствует использованию оборудования с оптимальным КПД, экономии электроэнергии, понижению затрат на эксплуатацию и повышению сроков службы электрической и механической части оборудования (см. таблицу ниже).

Таблица 5.18. Оборудование для применения ЧРП

№ п/п	Метод/оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
1	2	3	4
	Системы из основного и вспомогательного оборудования технических и программных средств, служащих для		

1	выполнения действий по частотному регулированию в технологических процессах проветривания и водоотлива	Экономия электроэнергии на 5 – 20 %	Экономическая целесообразность
---	--	-------------------------------------	--------------------------------

### Применимость

Для предприятий, ведущих процесс по добыче и транспортировке.

НДТ 11. Обеспечение стабильности производственного процесса обогащения, снижение энергетических и материальных затрат в технологии обогащения

### Описание

НДТ состоит в эффективном использовании измельчительного и обогатительного оборудования, мониторинге эмиссий.

### Эффект

Использование хотя бы одного из методов, приведенных в таблице ниже.

Таблица 5.19. Методы обеспечения стабильности производственного процесса обогащения, снижение энергетических и материальных затрат в технологии обогащения

№ п/п	Метод/оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
1	2	3	4
1	Мокрое самоизмельчение железных руд путем применения мельниц самоизмельчения диаметром от 4,6 до 11 м объемом от 45 до 460 м <sup>3</sup> и рудно-галечные мельниц	Отсутствие выбросов пыли	Применимо при использовании одной стадии крупного дробления руд
2	Мокрое измельчение железных руд путем применения мельниц с мелющими телами	Отсутствие выбросов пыли	Применимо при использовании более двух стадий дробления руд, а также для доводки измельченного концентрата
3	Классификация измельченных частиц руды с помощью мокрого вибрационного тонкого грохочения, в двухспиральных классификаторах, гидроциклонах	Снижение энергетических затрат до 10 %, исключение переизмельчения	Применимо при наличии производственных площадей и соответствующих свойств измельчаемой руды
	Обогащение железных руд методом магнитной сепарации с		

4	использованием барабанов диаметром более 90 см	Снижение энергетических затрат до 10 %	
5	Обезвоживание концентратов с помощью керамических вакуум-фильтров	Снижение удельных энергетических затрат на 5 %	Применимо при отсутствии металлических частиц в концентрате при технологической целесообразности, наличии производственных площадей
6	Применение магнитной дешламации перед магнитной сепарацией	Снижение энергетических затрат на 4–7 %	Применимо для магнетитовых концентратов при технологической целесообразности
7	Применение сгустителей перед фильтрованием	Повышение качества концентрата, снижение энергетических затрат до 3 %	Применимо при наличии производственных площадей для установки сгустителя и при технологической целесообразности
8	Применение высокоэффективных (с эффективностью очистки выше 95 %) установок газоочистки от пыли в процессах сушки концентрата	Снижение выбросов пыли до 40г/т сушеного концентрата в отходящих газах	Применимо в процессах сушки концентрата до влажности ниже 5 %

### Применимость

Для предприятий, осуществляющих технологический процесс обогащения руды.

НДТ 12. Процесс окускования железорудного сырья путем производства обожженных окисленных окатышей

### Описание

НДТ состоит в энергетически эффективном и экологически чистом способе окускования железорудного сырья, термической обработке окускованного сырого материала – сырых окатышей на обжиговых машинах конвейерного типа.

Окускование – процесс укрупнения рудной мелочи или тонкоизмельченных концентратов с получением кусковых агрегатов различной формы и размеров путем физического, химического, термического или комбинированного воздействия. Применяют для подготовки сырья к металлургическому переделу, промышленному использованию или транспортировке полученных продуктов.

### Эффект

Рост производства тонкоизмельченных концентратов обусловлен ростом вовлечения в промышленную переработку руд с содержанием полезного компонента

менее 35 %. Окусковываются материалы крупностью частиц менее 5 мм, так как использование их в такой крупности ухудшает газопроницаемость шихты и увеличивает вынос материала дутьем из металлургических печей.

Применяют 3 способа окускования: агломерацию, брикетирование и окомкование (или окатывание). В результате окускования частиц получаются: при агломерации – агломерат крупностью 5–60 мм, при окомковании – окатыши в основном крупностью 5–18 мм, при брикетировании – брикеты различной геометрической формы необходимых габаритов и массы.

### Применимость

Для всех предприятий добывающей промышленности.

НДТ 13. Обеспечение стабильности производственного процесса окускования, снижение энергетических и материальных затрат в технологии производства обожженных окатышей

### Описание

НДТ состоит в эффективном использовании оборудования фабрик окомкования, снижении тепловых потерь, энергетических затрат и мониторинге эмиссий, и предполагает использование одного из методов, приведенных ниже:

Таблица 5.20. Методы обеспечения стабильности производственного процесса окускования, снижение энергетических и материальных затрат в технологии производства обожженных окатышей

№ п/п	Метод/оборудование	Эффект	Ограничения в использовании
1	2	3	4
1	Применение неформованных огнеупорных материалов для футеровки обжиговых машин	Снижение расхода топлива на 5 % - 10%, повышение качества используемых окатышей на 3–5 %.	Применим при технологической целесообразности
2	Использование конструкции переточного коллектора с переменным сечением, или нескольких переточных коллекторов	Снижение расхода топлива на 5–10 %	Применимо при реконструкции действующих обжиговых машин, при проектировании новых, при отсутствии геометрических ограничений
3	Применение электрофильтров или других пылегазоочистных установок с низким газодинамическим сопротивлением, с эффективностью пылеулавливания не	Снижение выбросов пыли отходящих газов до 600 г/т готовой продукции.	Применимо при наличии производственных площадей для

	ниже 95 % для очистки газовых потоков с обжиговой машины		размещения установок пылеочистки
4	Применение инжекционных горелок или горелочных устройств со сниженным образованием NOx	Снижение загрязняющих газовых выбросов (оксидов азота) на 10–50 %.	Применимо при реконструкции действующих обжиговых машин, использующих в качестве топлива природный газ, или при проектировании новых с использованием природного газа

### Применимость

Для всех предприятий добывающей промышленности.

НДТ 14. Обеспечение стабильности производственного процесса прямого восстановления железа, снижение энергетических и материальных затрат в технологии производства металлизированного сырья

### Описание

НДТ состоит в эффективном использовании оборудования установок металлизации, снижении энергетических затрат и мониторинге эмиссий и предполагает применение хотя бы одного из ниже приведенных методов.

Таблица 5.21. Методы обеспечения стабильности производственного процесса прямого восстановления железа, снижение энергетических и материальных затрат в технологии производства металлизированного сырья

№ п/п	Метод/оборудование	Эффект
1	2	3
1	Применение труб реформера из металла высокотемпературной стойкости	Повышение межремонтного цикла реформера, повышение производительности установки металлизации до 1 %
2	Применение кислородной инъекции на установках металлизации	Повышение производительности установки металлизации на 5–15 %, снижение удельных энергетических затрат на 2–5 %
3	Применение конвейеров медленного охлаждения при производстве горячебрикетированного железа (далее – ГБЖ)	Повышение прочностных свойств ГБЖ на 5–10 %, снижение образования мелочи при транспортировке

### Применимость

Для всех предприятий добывающей промышленности.

НДТ 15. Технологии, направленные на снижение удельных расходов сырья, топлива при производстве агломерата повышенного качества с меньшим расходом твердого топлива

### Описание

НДТ состоит в применении технологий, направленных на снижение удельных расходов сырья, топлива при производстве агломерата повышенного качества с меньшим расходом твердого топлива путем применения одного, нескольких или совокупности методов (при технической возможности).

Таблица 5.22. Методы снижения удельных расходов сырья, топлива при производстве агломерата повышенного качества с меньшим расходом твердого топлива

№ п/п	Метод/оборудование	Эффект
1	2	3
1	Применение постели высотой 30–40 мм	Повышение энергетической эффективности за счет снижения удельных расходов сырья, топлива при производстве продукции
2	Спекание аглошихты с долей концентрата более 50 % с высотой спекаемого слоя до 500 мм	
3	Повышение высоты спекаемого слоя	

#### Применимость

Для всех металлургических предприятий.

НДТ 16. Повышение эффективности использования энергии.

#### Описание

НДТ состоит в повышении эффективности использования энергии путем применения одного или комбинации нескольких методов.

Таблица 5.23. Методы повышения эффективности использования энергии

№ п/п	Метод/оборудование	Эффект
1	2	3
1	Минимизация расхода твердого топлива на процесс спекания	Повышение энергетической эффективности за счет снижения удельных расходов сырья, топлива при производстве продукции
2	Рециркуляция отходящих газов от агломашин при спекании	
3	Устранение вредных подсосов воздуха на агломашине, в том числе торцевых, боковых, а также в неплотностях сборного коллектора отходящих газов	
4	Теплоизоляция объектов или элементов оборудования, функционирующих при высоких температурах, например, элементов газоотводящего тракта агломашин	

#### Применимость

Для металлургических предприятий. Метод 2 применим при реконструкции или строительстве нового предприятия.

## НДТ 17. Бездымная загрузка печей.

### Описание

Бездымная загрузка печей является составной частью энергоэффективной и экологически безопасной технологии производства кокса в коксовых печах без выбросов угольной пыли и газа. Такие выбросы являются результатом вытеснения пылегазовой смеси, образующейся при контакте угля с раскаленными стенками печной камеры, из объема загружаемой печи через зазоры между телескопом углезагрузочной машины (далее – УЗМ) и периметром загрузочного люка.

НДТ состоит в организации системы насыпной загрузки коксовой печи шихтой, предотвращающей выбросы угольной пыли и газа путем применения одного или комбинации нескольких приведенных ниже методов.

Таблица 5.24. Методы организации системы насыпной загрузки коксовой печи шихтой, предотвращающей выбросы угольной пыли и газа

№ п/п	Метод/оборудование	Эффект
1	2	3
1	Уплотнение посадки телескопов углезагрузочной машины на загрузочные люки	Эффективность НДТ определяется давлением инжекционного агента (пара или воды) в системе паро- и гидроинжекции
2	Применение инжекции газов загрузки в газосборники (бездымная загрузка)	
3	Поочерёдный выпуск шихты из бункеров УЗМ с оставлением в подсводовом пространстве возможности отведения газов загрузки на две стороны печи	
4	Оборудование планирных лючков уплотняющими устройствами для предотвращения выбросов при планировании угольной шихты	

### Применимость

Для металлургических предприятий.

## НДТ 18. Технология коксования с минимальными выбросами газов

### Описание

НДТ состоит в применении одного или комбинации нескольких методов, указанных ниже, для исключения повышенных выбросов газов загрязняющих веществ в атмосферу (неорганизованных выбросов) через неплотность уплотняющих устройств (двери, люки, крышки стояков), особенно критичных в период интенсивного газовыделения при коксовании.

Таблица 5.25. Методы обеспечения технологии коксования с минимальными выбросами газов

№ п/п	Метод/оборудование	Эффект

1	2	3
1	Обеспечение свободного прохода газа в подсводовом пространстве печи	Повышение энергетической эффективности за счет снижения удельных расходов сырья, топлива
2	Герметизация дверей, люков и стояков коксовых печей	
3	Обеспечение надёжной работы коксовой батареи	
4	Квалифицированное обслуживание коксовых печей	

### Применимость

Для всех металлургических предприятий.

НДТ 19. Технологии беспылевой выдачи кокса

### Описание

НДТ состоит в применение устройства, обеспечивающего локализацию неорганизованных выбросов, образующихся за счет конвективных потоков атмосферного воздуха над раскаленным коксом во время его выдачи из печи при разрушении коксового пирога и рассыпании его в вагоне, путем отвода и очистки газопылевого облака.

### Эффект

Повышение энергетической эффективности за счет снижения удельных расходов сырья, топлива.

### Применимость

Для всех металлургических предприятий.

НДТ 20. Улучшение показателей работы доменной печи

### Описание

НДТ состоит в улучшении показателей работы доменной печи за счет использования одного или комбинации нескольких методов, приводящих к увеличению срока службы огнеупоров и холодильников шахты доменной печи с увеличением периода непрерывной работы печи между ремонтами второго и первого разрядов.

Таблица 5.26. Методы, увеличивающие срок службы огнеупоров и холодильников шахты доменной печи

№ п/п	Метод/оборудование	Эффект
1	2	3
1	Оптимизация профиля доменной печи при работе на комбинированном дутье с учётом вдувания пылеугольного топлива (далее – ПУТ) и свойств проплавляемого сырья	Повышение энергетической эффективности за счет снижения удельных расходов сырья, топлива
2	Усовершенствование системы охлаждения шахты печи	

### Применимость



Для всех металлургических предприятий.

НДТ 21. Повышение эффективности использования энергии при производстве чугуна

Описание

НДТ состоит в повышении эффективности использования энергии при производстве чугуна путем использования одного или комбинации нескольких методов, приведенных ниже (НДТ 22–НДТ 24).

НДТ 22. Воздухонагреватель конструкции Калугина

Описание

НДТ состоит в применении воздухонагревателя Калугина.

Отличительной особенностью ВНК является то, что температура горячего дутья 1250 °С – 1300 °С обеспечивается доменным газом с низкой теплотой сгорания и без добавок высококалорийного газа. Установка теплообменников для утилизации низкопотенциального тепла отходящих дымовых газов со средней температурой 280 °С – 330 °С для нагрева доменного газа и воздуха для отопления воздухонагревателей позволила снизить температуру дыма до 120 °С и увеличить температуру дутья без добавок высококалорийного газа. Существенным элементом этой конструкции является струйно-вихревая горелка, расположенная вверху купола по оси воздухонагревателя, имеющая форкамеру.

Эффект

Использование воздухонагревателя Калугина (далее – ВНК) позволяет нагревать дутье до 1400 °С. Гарантийный срок эксплуатации ВНК составляет 30 лет. Концентрация СО в отходящем газе не более 50 мг/м<sup>3</sup>, концентрация NOX не более 100 мг/м<sup>3</sup>.

Применимость

Для доменных печей при производстве чугуна.

НДТ 23. Утилизация тепла дымовых газов воздухонагревателей с использованием теплообменников

Описание

НДТ состоит в утилизации тепла дымовых газов воздухонагревателей с использованием теплообменников, что позволяет повысить температуру горячего дутья без использования природного газа для нагрева дутья.

Эффект

Использование теплообменников обеспечивает экономию энергоресурсов за счет снижения температуры отходящего дыма с 400 °С до 120 °С.

Применимость

Для доменных печей при производстве чугуна.

НДТ 24. Установка на доменных печах газовых утилизационных бескомпрессорных турбин для утилизации избыточного давления колошникового газа

## Описание

Газовые утилизационные бескомпрессорные турбины (далее – ГУБТ) предназначены для выработки электроэнергии за счет избыточного давления доменного газа. Доменный газ, образующийся при выплавке чугуна, выходит из доменной печи под высоким давлением и после газоочистки по системе трубопроводов поступает на вход турбины. Проходя через проточную часть турбины, доменный газ приводит во вращение ротор турбины, что сопровождается расширением и снижением давления газа. Ротор турбины приводит во вращение генератор, который вырабатывает электроэнергию. Выработанная электроэнергия через повышающие трансформаторы поступает в общую энергосистему комбината, замещая закупку из внешней сети.

Мощность турбин ГУБТ составляет 10–20 МВт.

## Применимость

Применимо для печей объемом свыше 1 000 м<sup>3</sup>.

НДТ 25. Разливка стали на машинах непрерывного литья заготовок (технологии, направленные на повышение ресурсо- и энергоэффективности конвертерного производства)

## Описание

НДТ состоит в применении технологии непрерывной разливки жидкой стали на машинах непрерывного литья заготовок (далее – МНЛЗ) с последующим затвердеванием стали в кристаллизаторе установленной толщины и ширины и последующей порезкой непрерывно-литых слитков на мерные длины.

## Эффект

Повышение энергетической эффективности за счет снижения удельных расходов сырья, топлива при производстве готовой продукции.

## Применимость

Для всех металлургических предприятий.

НДТ 26. Утилизация тепла отходящих газов в котле-утилизаторе (технологии, направленные на повышение ресурсо- и энергоэффективности конвертерного производства)

## Описание

НДТ состоит в использовании химической и физической энергии отходящего конвертерного газа для производства пара. Температура конвертерного газа на уровне горловины конвертера составляет 1 500 - 1700 °С. Образовавшийся конвертерный газ в процессе продувки кислородом удаляется из конвертера через газоотводящий тракт.

Для утилизации тепла конвертерного газа и его охлаждения в газоотводящем тракте устанавливаются котел-охладитель, который производит пар для использования на нужды металлургических предприятий. Газоотводящий тракт заканчивается дымовой трубой, в оголовке которой устанавливается система дожигания конвертерного газа.

## Эффект

Повышение энергетической эффективности за счет снижения удельных расходов сырья, топлива при производстве готовой продукции.

Применимость

Для всех металлургических предприятий.

НДТ 27. Технология выплавки стали в электродуговых печах с удельной мощностью источника питания 0,8–1,0 МВА/т и активной продувкой кислородом

Описание

НДТ состоит в применении технологии выплавки стали в электродуговых печах с удельной мощностью источника питания 0,8–1,0 МВА/т и активной продувкой кислородом, обеспечивающей снижение потребления электрической энергии, уменьшение угара металла, повышение качества металла путем применения одного или комбинации нескольких методов, перечисленных ниже.

Таблица 5.27. Методы снижения потребления электрической энергии, уменьшения угара металла, повышения качества металла

№ п/п	Метод/оборудование
1	2
1	Выплавка стали электродуговых печах.
2	Выплавка стали в электродуговых печах с регулируемой защитной атмосферой.
3	Выплавка стали в электродуговых печах в широком интервале давлений газовой фазы (от разрежения до повышенного давления).
4	Выплавка стали в электродуговых печах с электромагнитным перемешиванием ванны расплава и продувкой инертным газом (при технической возможности).
5	Выплавка стали в электродуговых печах с предварительным подогревом металлошихты (при реконструкции).

Применимость

При производстве стали в конвертерах.

НДТ 28. Технологии, направленные на улучшение общих показателей и условий работы при производстве электростали

Описание

НДТ состоит в применении технологий, направленных на улучшение общих показателей и условий работы при производстве электростали, обеспечивающих снижение потерь ресурсов, образование эмиссий и отходов путем использования одного или комбинации нескольких методов, приведенных ниже.

Таблица 5.28. Методы обеспечения улучшения общих показателей и условий работы при производстве электростали, обеспечивающих снижение потерь ресурсов, образование эмиссий и отходов

--	--

№ п/п	Метод/оборудование
1	2
1	Использование бункерно-транспортных систем для подачи материалов в электродуговую печь и ковш.
2	Использование пакетированного металлолома (при экономической целесообразности).
3	Использование манипулятора для замера температуры, отбора проб, измерения окисленности металла.
4	Использование установок торкретирования при горячем ремонте стен и откосов электродуговой печи.
5	Использование бункерной системы загрузки эркерного выпускного отверстия.

### Применимость

При производстве электростали.

НДТ 29. Технологии, направленные на снижение удельных расходов сырья и энергии при производстве электростали

### Описание

НДТ состоит в применении технологий, направленные на снижение удельных расходов сырья и энергии при производстве электростали путем применения одного или комбинации нескольких методов, представленных ниже.

Таблица 5.29. Методы снижения удельных расходов сырья и энергии при производстве электростали

№ п/п	Метод/оборудование
1	2
1	Оставление в печи на подине после выпуска плавки 1025 % жидкого металла ("болото") и части шлака.
2	Использование жидкого чугуна взамен части металлолома (для интегрированных предприятий).
3	Использование металлизированного сырья с металлоломом (при экономической целесообразности).
4	Технология пенистого шлака.

### Применимость

Для предприятий, производящих сталь.

НДТ 30. Повышение эффективности использования энергии при производстве стали в электродуговых печах

### Описание

НДТ состоит в повышении эффективности использования энергии при производстве стали в электродуговых печах путем использования одного или комбинации двух и более методов, представленных ниже.

Таблица 5.30. Методы повышения эффективности использования энергии при производстве стали в электродуговых печах

№ п/п	Метод/оборудование
1	2
1	Оптимизация электрического режима плавки в начальный период расплавления.
2	Интенсификация плавки с использованием комбинированной продувки и химического тепла (применение газокислородных горелок) (сокращение потребления энергии до 50 %).
3	Одноразовая завалка лома всей плавки одной корзиной вместо двух (при реконструкции печи).
4	Использование тепла отходящих газов, образующихся при реализации основных технологических процессов.
5	Исключение и устранение вредных подсосов воздуха в электродуговую печь (при технической возможности).
6	Теплоизоляция объектов или элементов оборудования, функционирующих при высоких температурах, например, элементов газоотводящего тракта и водяного охлаждения.
7	Повышение давления и температуры воды в контурах охлаждения электродуговой печи и утилизация этого тепла для нужд горячего водоснабжения и отопления.

#### Применимость

При производстве стали.

НДТ 31. Технологии, направленные на уменьшение загрязнения атмосферного воздуха

#### Описание

НДТ состоит в применении технологий, направленных на уменьшение загрязнения атмосферного воздуха путем реализации одного или комбинации нескольких методов, представленных ниже.

Таблица 5.31. Методы уменьшения загрязнения атмосферного воздуха

№ п/п	Метод/оборудование
1	2
1	Герметизация печи и газоотводящих трактов.
2	Сокращение времени загрузки и бестоковых периодов.

3	Периодические замеры выбросов CO, SO2 и NOX с технологическими газами в соответствии с графиком производственного контроля.
4	Периодические замеры выбросов пыли из аспирационных систем в соответствии с графиком производственного контроля.
5	Периодические обследования эффективности газоочистных установок специализированными организациями.
6	Применение газоочистного оборудования (электрофильтров, рукавных фильтров).

## Применимость

Общеприменимо.

НДТ 32. Организация ресурсосберегающего и энергосберегающего технологического процесса

### Описание

НДТ состоит в применении методов и оборудования, приведенных в таблице ниже:

Таблица 5.32. Методы организации ресурсосберегающего и энергосберегающего технологического процесса

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость	Экологическая, технико-экономическая эффективность
-------	--------------------	--------------	--

1	2	3	4
1	Применение механизированных и автоматизированных непрерывных прокатных станов	Применимо при реконструкции действующих технологических линий, организации нового производства	Повышение производительности линий, снижение удельного расхода энергоресурсов, снижение операционных расходов, возможность организации централизованного контроля, утилизации вредных веществ, образованных в процессе производства
2	Применение процессов бесконечной прокатки	Применимо при реконструкции действующих технологических линий, организации нового производства	Повышение производительности линий, снижение удельного расхода энергоресурсов, снижение операционных расходов, возможность организации централизованного контроля, утилизации

			вредных веществ, образованных в процессе производства
3	Применение процессов многониточной прокатки, волочения	Применимо при реконструкции действующих технологических линий, организации нового производства	Повышение производительности линий, снижение удельного расхода энергоресурсов, снижение операционных расходов
4	Оптимальное размещение взаимосвязанных производств и отдельного оборудования	Применимо при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Сокращение транспортных операций, повышение производительности, снижение операционных расходов, организация оптимального использования энергоресурсов
5	Применение высокоэффективных автоматизированных систем привода основного и вспомогательного оборудования, основанных на использовании электродвигателей переменного тока с частотными преобразователями	Применимо при реконструкции действующих технологических линий, организации нового производства	Сокращение потребления электроэнергии, снижение операционных расходов
6	Применение технологии горячего посада заготовок**	Применимо при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Снижение расхода энергоресурсов
7	Создание литейно-прокатных комплексов*	Применимо при организации нового производства	Повышение производительности линий, снижение удельного расхода энергоресурсов, снижение операционных расходов, возможность организации централизованного контроля, утилизации вредных веществ, образованных в процессе производства

8	Внедрение процессов термомеханической обработки	Применимо при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Снижение операционных расходов, расширение сортамента производимой продукции, улучшение качества выпускаемой продукции
9	Использование избыточного тепла, образованного при нагреве, подогреве металла перед горячей деформацией и других тепловых операций с металлом в процессе изготовления проката, для повторного нагрева материалов – применение систем рекуперации и регенерации	Применимо при реконструкции действующих технологических линий, организации нового производства	Снижение расхода энергоресурсов, снижение операционных затрат

\* применимо при изготовлении рулонного листового проката, длинномерного сортового проката, как в бунтах, так и в мерных длинах;

\*\* применимо при обеспечении транспортировки заготовок на участок/в линию.

#### Общий эффект

Организация ресурсосберегающего и энергосберегающего технологического процесса обеспечит экономию материалов и энергоресурсов, снижение уровня эмиссий в окружающую среду.

Реализация вышеуказанных методов и оборудование в рамках конкретной НДТ приведет к сокращению технологических операций или их совмещению, уменьшению времени проведения технологического цикла, а также позволит снизить энергоемкость производимой продукции, минимизировать материальные потоки, уменьшить объем платежей предприятий за негативное воздействие на окружающую среду.

НДТ 33. Внедрение автоматизированных систем управления технологическим процессом

#### Описание

НДТ заключается в совершенствовании действующих, внедрении новых автоматизированных систем управления технологическими процессами производства изделий, обеспечивающими контроль за движением материальных потоков в производственной линии.

НДТ состоит в применении методов и оборудования, приведенных ниже.

Таблица 5.33. Методы внедрения автоматизированных систем управления технологическим процессом

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость	Экологическая, технико-экономическая эффективность



1	2	3	4
1	Использование MES-систем	Применимо при реконструкции действующих технологических линий, организации нового производства	Повышение производительности, снижение потребления энергоресурсов, снижение операционных расходов
2	Использование автоматизированных систем управления производственным процессом	Применимо при реконструкции действующих технологических линий, организации нового производства	Повышение производительности, снижение потребления энергоресурсов, улучшение условий труда, снижение операционных расходов
3	Использование автоматизированных систем управления технологическим оборудованием	Применимо при реконструкции действующих технологических линий, организации нового производства	Повышение производительности, снижение потребления энергоресурсов, улучшение условий труда, снижение операционных расходов

#### НДТ 34. Обеспечение стабильности производственного процесса изготовления холоднодеформированных труб

##### Описание

НДТ заключается в эффективном использовании оборудования цехов и участков производства холоднодеформированных труб, снижении тепловых потерь, эмиссий продуктов химической обработки изделий, энергетических затрат. НДТ предусматривает использование методов и оборудования, приведенных ниже.

Таблица 5.34. Методы обеспечения стабильности производственного процесса изготовления холоднодеформированных труб

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость	Экологическая, технико-экономическая эффективность
1	2	3	4
1	Применение печей отжига труб в безокислительной атмосфере, с применением восстановительной атмосферы на основе чистого водорода	Применимо при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Снижение расхода энергоресурсов, расширение сортамента производимой продукции, улучшение качества выпускаемой продукции
2	Использование высокопроизводительных	Применимо при реконструкции действующих	Повышение производительности,

	многоголовочных шлифовальных установок	технологических линий и участков, организации нового производства	снижение операционных затрат
3	Применение станов холодной прокатки труб с использованием жидких смазок	Применимо при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Повышение производительности, сокращение потребления вредных веществ и уменьшение объемов образования вредных веществ
4	Применение безванновой очистки поверхности труб от остатков технологической смазки	Применимо на действующих и новых предприятиях (технологическом участке)	Повышение производительности, сокращение потребления вредных веществ и уменьшение объемов образования вредных веществ, улучшение условий труда

НДТ 35. Обеспечение стабильности производственного процесса изготовления горячекатаного проката

Описание

НДТ заключается в эффективном использовании оборудования цехов и участков производства горячекатаного проката, организации ресурсо- и энергосберегающего производства, снижении тепловых потерь, энергетических затрат.

НДТ предусматривает использование методов и оборудования, приведенных ниже.

Таблица 5.35. Метод обеспечения стабильности производственного процесса изготовления горячекатанного проката

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость	Экологическая, технико-экономическая эффективность
1	2	3	4
1	Применение клеток с многовалковыми калибрами, калибрующими блоки и блоков чистовых клеток	Применимо при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Повышение производительности линий, снижение удельного расхода энергоресурсов, снижение операционных расходов, расширение сортамента производимой продукции, улучшение качества выпускаемой продукции

НДТ 36. Снижение сбросов в процессах производства изделий дальнейшего передела черных металлов

Описание:

НДТ заключается в снижении сбросов и состоит в применении методов и оборудования, приведенных ниже.

Таблица 5.36. Методы снижения сбросов в процессах производства изделий дальнейшего передела черных металлов

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость	Экологическая, технико-экономическая эффективность
1	2	3	4
1	Применение замкнутых бессточных систем водного хозяйства	Применимо на действующем предприятии (технологическом участке), при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Исключение сбросов (вредных веществ, сокращение расхода энергоресурсов, улучшение экологической обстановки
2	Создание локальных водооборотных циклов, оборудованных собственными системами грубой и/или при необходимости тонкой очистки от загрязняющих веществ	Применимо на действующем предприятии (технологическом участке), при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Сокращение сбросов (вредных веществ, сокращение расхода энергоресурсов, улучшение экологической обстановки
3	Сокращение расхода воды, идущей на охлаждение технологического оборудования и инструмента, за счет расширения объема испарительного охлаждения нагревательных печей.	Применимо на действующем предприятии (технологическом участке), при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Снижение расхода (энергоресурсов, сокращение сбросов вредных веществ, улучшение экологической обстановки
4	Последовательная передача избыточной или продувочной воды от потребителей с более высокими требованиями к качеству воды потребителям с более низкими требованиями	Применимо на действующем предприятии (технологическом участке), при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Снижение расхода (энергоресурсов, сокращение сбросов вредных веществ, улучшение экологической обстановки
	Централизованная аккумуляция случайных сбросов, дренажных вод,	Применимо на действующем предприятии (технологическом участке)	Снижение расхода (энергоресурсов, повышение

5	поверхностного стока и их очистка с целью дальнейшего использования	), при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	энергоэффективности процесса производства, сокращение сбросов вредных веществ
6	Обессоливание продувочных вод на заводских установках деминерализации с возвратом полученной чистой воды в производственный процесс	Применимо на действующем предприятии (технологическом участке), при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	(Снижение расхода энергоресурсов, повышение энергоэффективности процесса производства)
7	Использование дебалансовых и продувочных вод в качестве исходной воды для промышленных котельных и котлов-утилизаторов	Применим при наличии котельных и котлов-утилизаторов	Снижение расхода энергоресурсов, повышение энергоэффективности процесса производства

### НДТ 37. Использование современных систем энергосбережения.

#### Описание

НДТ заключается в использовании современных систем энергосбережения, обеспечивающих экономию затрат на энергоресурсы, позволяющих организовать использование энергоресурсов и энергии, вырабатываемых в процессе основного производства и предусматривает использование методов и оборудования, приведенных ниже.

Таблица 5.37. Методы использования современных систем энергосбережения

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость	Экологическая, технико-экономическая эффективность
1	2	3	4
1	Использование тепла, образующегося при функционировании основного технологического процесса для различных производственных целей, в том числе хозяйственных нужд предприятия (отопление, горячее водоснабжение и т. п.)	Применимо в действующей технологии, при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Снижение расхода энергоресурсов, повышение энергоэффективности процесса производства, снижение операционных затрат
		Применимо на действующем предприятии, при	

2	Использование энергосберегающих осветительных приборов	реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Снижение расхода энергоресурсов, повышение энергоэффективности процесса производства
3	Использование систем автоматического включения (выключения) электрических устройств	Применимо на действующем предприятии, при реконструкции действующих технологических линий и участков, организации нового производства	Снижение расхода энергоресурсов, повышение энергоэффективности процесса производства
4	Организация систем экранов в технологических линиях	Применимо на действующем предприятии	Снижение расхода энергоресурсов, повышение энергоэффективности процесса производства, улучшение условий труда

## НДТ повышения энергоэффективности в цветной металлургии

### НДТ 38. Повышение эффективности использования энергии

#### Описание

НДТ состоит в повышении эффективности использования энергии путем использования комбинации двух или более методов:

Таблица 5.38. Методы повышения эффективности использования энергии

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость
1	2	3
1	Система управления энергоэффективностью (например, в соответствии с требованиями СТ РК ISO 50001-2019)	Общеприменим
2	Использование избыточного тепла (например, пара, горячей воды или горячего воздуха), образующегося при реализации основных процессов	Применим для пирометаллургических процессов
3	Регенеративные дожигающие устройства	Применим в случае, когда есть источники выбросов горючих загрязняющих веществ
4	Предварительный разогрев подаваемого в камеру сгорания воздуха с помощью горячих газов из литейных желобов	Применим только для пирометаллургических процессов
5	Подача на горелки воздуха, обогащенного кислородом, или чистого кислорода для уменьшения потребления энергии за счет автогенной плавки или	

	полного сгорания углеродистого материала	Применим для печей, в которых используется сырье, содержащее серу или углерод
6	Низкотемпературная сушка концентратов и влажного сырья перед плавкой	Общеприменим, за исключением процессов плавки в жидкой ванне
7	Теплоизоляция объектов, функционирующих при высоких температурах, например, трубопроводов пара и горячей воды	Общеприменим
8	Использование тепла, образующегося при производстве серной кислоты из диоксида серы, для предварительного нагрева газа, используемого на заводе серной кислоты, или для выработки пара и (или) горячей воды	Применим для заводов по производству цветных металлов, включающих производство серной кислоты или жидкого SO <sub>2</sub>
9	Использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями, для таких устройств как, например, вентиляторы	Общеприменим

### Эффект

Внедрение установки автоматической системы контроля и дозирования реагентов для водоподготовки в оборотной системе водоснабжения, эффект от внедрения 227,448 тыс. кВт·ч/год.

### Применимость

На предприятиях производства меди.

НДТ 39. Повышение эффективности использования энергии при первичном производстве

### Описание

НДТ состоит в применении одного из методов.

Таблица 5.39. Методы повышения эффективности использования энергии при первичном производстве

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость
1	2	3
1	Использование горячих технологических газов от процессов плавления для нагревания подаваемых компонентов	Применим для шахтных печей
2	Укрытие концентратов во время транспортировки и хранения	Общеприменим

3	Использование избыточного тепла , генерируемого на стадиях первичной выплавки или конвертирования	
4	Термоизоляция и укрытие электролизных ванн	Ограничено применим для электролитического рафинирования меди из-за необходимости технологического обслуживания электролизных ванн и предотвращения повышения температуры электролита выше нормированного уровня

НДТ 40. Повышение эффективности использования энергии при вторичном производстве меди

#### Описание

НДТ состоит в повышении эффективности использования энергии при вторичном производстве меди путем применения одного или комбинации методов, приведенных ниже.

Таблица 5.40. Методы повышения эффективности использования энергии при вторичном производстве меди

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость
1	2	3
1	Уменьшение содержания влаги в подаваемых в печь материалах	Применение ограничено случаями , когда увлажнение материалов используется в качестве метода сокращения неорганизованных выбросов
2	Производство энергии за счет использования избыточного тепла от анодной печи	Применим, если существует экономически значимый спрос
3	Использование для плавки лома избыточного тепла, генерируемого при плавке или конвертировании	Общеприменимо для первичной цветной металлургии
4	Поддержание высокой температуры в печи между стадиями технологического цикла	Применим только для печей, эксплуатируемых в дискретном режиме, когда требуется заполнение буферной емкости расплава

НДТ 41. Повышение эффективности использования энергии при электрорафинировании и электролизе

НДТ состоит в применении одного из или комбинации следующих методов.

Таблица 5.41. Методы повышения эффективности использования энергии при электрорафинировании и электролизе

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость
1	2	3
1	Применение термоизоляции и укрытие электролизных ванн	Общеприменим, за исключением случаев, когда ванны должны оставаться не укрытыми с целью поддержания температуры на необходимом рабочем уровне
2	Добавление в электролит поверхностно-активных веществ	Общеприменим
3	Усовершенствование конструкции ванн электролизеров за счет оптимизации следующих параметров: расстояние между анодами и катодами, конфигурация анодов, плотность тока, состав и температура электролита	Применим только для новых заводов и при полной модернизации существующих заводов
4	Использование катодной основы из нержавеющей стали	
5	Автоматизированная замена катодов/анодов для точной установки электродов в ванне	
6	Выявление коротких замыканий и контроль качества с целью обеспечения заданных геометрических параметров электродов и точности веса анодов	Общеприменим

НДТ 42. Увеличение выхода меди от использования вторичных сырьевых материалов

Описание.

НДТ состоит в отделении вручную неметаллических крупных видимых компонентов и куском металлов от меди.

НДТ 43. Уменьшение количества отходов, направляемых на утилизацию при первичном и вторичном производстве меди

Описание

НДТ состоит в уменьшении количества отходов, направляемых на утилизацию при первичном и вторичном производстве меди путем организации обращения с отходами, промежуточными и побочными продуктами, способствующей их повторному использованию, а в случае невозможности - вторичной их переработке путем применения одного или комбинации методов, приведенных ниже.



Таблица 5.42. Методы уменьшения количества отходов, направляемых на утилизацию при первичном и вторичном производстве меди

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость
1	2	3
1	Извлечение металлов из отходов, образующихся в процессе пылеулавливания	Общеприменим
2	Повторное использование или продажа гипса, образующегося в процессе очистки отходящих дымовых газов от SO <sub>2</sub>	Применим в зависимости от содержания металлов и от наличия рынка/процесса
3	Регенерация или переработка отработанных катализаторов	Общеприменим
4	Извлечение металла из осадка, образующегося при очистке сточных вод	Применим в зависимости от содержания металлов и от наличия рынка/процесса
5	Использование слабой кислоты в процессе выщелачивания или для производства гипса	Общеприменим
6	Извлечение меди из шлаков в шлаковых печах или в шлаковых флотационных установках	
7	Использование отвальных шлаков в качестве абразивных или строительных (для отсыпки дорог) материалов	Применим в зависимости от содержания металлов и соответствия их соединений стандартам экологической безопасности
8	Использование футеровки печей для извлечения металлов или повторное ее использование в качестве огнеупорных материалов	
9	Использование хвостов после флотации шлака в качестве абразивных, строительных материалов или для иных возможных целей)	
10	Использование съема с плавильных печей для извлечения металлов	Общеприменим
11	Использование слитого отработанного электролита для извлечения меди и никеля. Повторное использование остатков кислоты для получения нового электролита или для производства гипса	
	Использование анодных остатков в качестве охлаждающего материала при	

12	пирометаллургическом рафинировании или при переплавке меди	
13	Использование анодного шлама для получения драгоценных металлов	
14	Использование гипса с установок по очистке сточных вод в пирометаллургическом процессе или его продажа	Применим в зависимости от качества получаемого гипса
15	Извлечение металлов из шламов	Общеприменим

НДТ 44. Электролиз в электролизерах с предварительно обожженными анодами второго поколения (мощностью 300 кА и выше)

#### Описание

НДТ состоит в том, что более мощные электролизеры второго поколения (>300 кА) позволяют существенно снизить энергоемкость производства, обеспечивая экологический и экономический эффект.

НДТ при производстве алюминия в электролизерах с предварительно обожженными анодами второго поколения (мощностью 300 кА и выше) состоит в применении приведенных ниже методов и оборудования.

Таблица 5.43. Методы, применяемые при производстве алюминия в электролизерах с предварительно обожженными анодами второго поколения (мощностью 300 кА и выше)\*

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость
1	2	3
1	"Сухая" газоочистка (реактор+ рукавный фильтр)	Общеприменим
2	Автоматическое питание глиноземом	Общеприменим
3	Система АСУТП процесса электролиза	Общеприменим
4	Уплотнение штанг анодов электролизеров	Общеприменим
5	Для выливки металла, отбора проб и других операций использование проема с дверцами в укрытиях электролизера	Применимо только для вновь устанавливаемых электролизеров

\* содержание серы в анодах – до 2 %.

Значения выбросов (уровни эмиссий), связанные с применением наилучших доступных техник, приведены в следующей таблице.

Таблица 5.44. Технологические показатели выбросов:

№ п/п	Технологический показатель	Единица измерения	Значение (диапазон) (фонарь + труба)

1	2	3	4
1	HF (фтористый водород)	кг/т Al	≤0,23
2	Твердые фториды	кг/т Al	≤0,37
3	SO <sub>2</sub> (диоксид серы)	кг/т Al	9,2–13,8 1)
4	Пыль общая	кг/т Al	2,2–2,7
5	CO (оксид углерода)	кг/т Al	До 100,0

### Применимость

Применимо для новых предприятий и при модернизации действующего предприятия.

НДТ 45. Извлечение полипропилена и полиэтилена из свинцовых аккумуляторных батарей

### Описание

НДТ состоит в извлечении полипропилена и полиэтилена из батарей перед плавкой.

### Применимость

Общеприменимо, за исключением шахтных печей вследствие необходимой для печных операций газопроницаемости, которая обеспечивается демонтированными (целыми) батареями.

НДТ 46. Повторное использование или восстановление серной кислоты, полученной от процесса переработки аккумуляторных батарей

### Описание

НДТ состоит в повторном использовании или восстановлении серной кислоты, полученной от процесса переработки аккумуляторных батарей, путем применения одного из методов или комбинации методов, приведенных ниже.

Таблица 5.45. Методы при повторном использовании или восстановлении кислоты, полученной от процесса переработки аккумуляторных батарей

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость
1	2	3
1	Производство сульфата натрия	Повторное использование серной кислоты (отработанного электролита) применяется при выщелачивании серы из пасты для повышения температуры растворов за счёт теплоты химической реакции между серной кислотой и содой. Повышение температуры необходимо для ускорения реакции выщелачивания
2	Повторное использование в качестве травильного агента	Общеприменимо в зависимости от местных условий (например, наличие процесса травления и совместимости примесей, присутствующих в кислоте с процессом)

3	Повторное использование в качестве химического сырья	Применимость может быть ограничена в зависимости от наличия потребителя (местного химического производства)
4	Производство гипса или гипсосодержащих материалов	Применимость ограничена, например, наличием примесей, которые ухудшают качество гипса . Гипс низкого качества может быть использован для других целей, например, в качестве компонента флюса

НДТ 47. Сокращение количества отходов производства вторичного свинца и олова, направляемых на захоронение.

#### Описание

НДТ состоит в сокращении количества отходов производства вторичного свинца и олова, направляемых на захоронение, путем организации операций на месте с целью облегчения процесса повторного использования остаточных продуктов или, если это невозможно, направление их на рециклинг с применением одного или комбинации нескольких методов, приведенных ниже.

Таблица 5.46. Методы сокращения количества отходов производства вторичного свинца и олова, направляемых на захоронение

№ п/п	Метод/оборудование
1	2
1	Повторное использование остатков в процессе плавки получения свинца и других металлов.
2	Переработка остатков и отходов в специальных установках получения материалов.
3	Обработка остатков и отходов для использования в других областях.
4	Использование отработанного электролита в качестве реагента при очистке сточных вод.
5	Использование отработанного электролита для производства товарной продукции сульфата натрия.

НДТ 48. Эффективное использование энергии тепла отходящих газов

#### Описание

НДТ состоит в эффективном использовании энергии тепла отходящих газов, образующихся в обжиговой печи, путем применения, приведенного ниже метода.

Таблица 5.47. Метод эффективного использования энергии тепла отходящих газов, образующихся в обжиговой печи

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость
1	2	3

1	Использование системы пароиспарительного охлаждения (далее –система ПИО) или котла-утилизатора избыточного тепла для производства тепла с последующим использованием в технологическом процессе и/или для отопления помещений.	Общеприменим
---	--	--------------

**НДТ 49. Сокращение объемов отходов, образующихся при литье цинковых слитков и направляемых на захоронение**

**Описание**

НДТ состоит в сокращении объемов отходов, образующихся при литье цинковых слитков и направляемых на захоронение, путем организации операций таким образом, чтобы содействовать повторному использованию остаточных продуктов, или, если это невозможно, их вторичной переработке с использованием одного или комбинации методов, приведенных ниже.

Таблица 5.48. Метод сокращения объемов отходов, образующихся при литье цинковых слитков и направляемых на захоронение

№ п/п	Метод/оборудование
1	2
1	Переработка цинковых дроссов и цинкосодержащих взвешенных веществ (пылей), образующихся в плавильных печах в технологическом процессе получения цинка
2	Переработка металлических фракций цинковых дроссов, образующихся при плавке катодов в плавильных печах на установке плавки цинка

**Применимость**

Для предприятий металлургической промышленности, имеющих данный процесс.

**НДТ 50. Обработка отходов выщелачивания с целью обеспечения их пригодности для конечной утилизации**

**Описание**

НДТ состоит в обработке отходов выщелачивания с целью обеспечения их пригодности для конечной утилизации путем пирометаллургической обработки в вельц-печи.

**НДТ 51. Сокращение объемов образования отходов гидрометаллургического производства кадмия, направляемых на захоронение**

**Описание**

НДТ состоит в сокращении объемов образующихся отходов гидрометаллургического производства кадмия, направляемых на захоронение, путем организации операций таким образом, чтобы содействовать повторному

использованию остаточных продуктов, или, если это невозможно, их вторичной переработке с использованием одного или комбинации методов, приведенных ниже.

Таблица 5.49. Методы сокращения объемов образования отходов гидрометаллургического производства кадмия, направляемых на захоронение

№ п/п	Метод/оборудование	Применимость
1	2	3
1	Извлечение полученного товарного металла или соединений кадмия на стадии очистки цементного материала с высоким содержанием кадмия	Применимо только при наличии спроса и экономической целесообразности.
2	Осаждение цементного материала с высоким содержанием кадмия	Применимо только при доступности соответствующего полигона для захоронения отходов.
3	Утилизация кадмийсодержащего материала путем вельцевания совместно с цинксодержащими материалами	Применимо при наличии соответствующего оборудования.

НДТ 52. Сокращение энергопотребления в процессах добычи и обогащения полезных ископаемых

Описание

НДТ предусматривает сокращение энергопотребления в процессах добычи и обогащения полезных ископаемых путем внедрения следующих мероприятий:

- создания системы мониторинга энергопотребления;
- проведение энергоаудита технологических процессов;
- применение современного оборудования;

автоматизация систем и элементов управления для повышения энергоэффективности;

- использование автоматических средств измерения и учета энергоресурсов;
- применение мероприятий, направленных на сокращение потерь энергии;
- обучение персонала.

НДТ 53. Минимизация потерь полезных ископаемых в недрах

Описание

НДТ направлена на ресурсосбережение и состоит в минимизации потерь полезных ископаемых в недрах путем применения одного или комбинации нескольких приведенных ниже методов.

Таблица 5.50. Методы минимизации потерь полезных ископаемых в недрах

№ п/п	Метод/оборудование
1	2

1	Эффективные технологии разведки месторождений, в том числе эксплуатационной
2	Оценка запасов руд с учетом прогрессивных технологий их переработки
3	Предварительное воздействие на продуктивные пласты для снижения потерь руд
4	Эффективные способы разработки месторождения для снижения потерь руд
5	Предварительное дофабричное обогащение
6	Специальные технологии вовлечения в хозяйственный оборот хвостов

## НДТ 54. Эффективное использование энергии при производстве первичной меди

### Описание

НДТ состоит в применении одного или комбинации методов.

Таблица 5.51. Методы эффективного использования энергии при производстве первичной меди

№ п/п	Метод
1	2
1	Оптимизация использования энергии, содержащейся в концентрате, с помощью печи взвешенной плавки
2	Использование горячих технологических газов плавки для нагрева шихты печи
3	Накрывать концентраты во время транспортировки и хранения
4	Использовать избыточное тепло первичной плавки или конверсии, для расплавления вторичных материалов, содержащих медь
5	Использовать тепло газов анодных печей в каскаде для других целей (например, для сушки)

### Применимость

Для предприятий металлургической промышленности, имеющих данный процесс.

## НДТ 55. Эффективное использование энергии при производстве вторичной меди

### Описание

НДТ состоит в применении одного или комбинации методов необходимо использовать один или комбинацию методов.

Таблица 5.52. Методы эффективного использования энергии при производстве вторичной меди

№ п/п	Метод/оборудование
1	2
1	Использовать исходный материал с меньшим содержанием воды

2	Производить пар путем рекуперации избыточного тепла плавильной печи для нагрева электролита на нефтеперерабатывающих заводах и/или для производства электроэнергии в когенерационной установке
3	Использовать для отходов расплава избыточное тепло, выделяющееся в процессе плавки или конверсии
4	Выдерживающая печь между стадиями обработки
5	Разогревать шихту печи, используя горячие технологические газы плавки

#### Применимость

Для предприятий металлургической промышленности, имеющих данный процесс.

НДТ 56. Эффективное использования энергии отходящих газов

#### Описание

НДТ заключается в рекуперации тепла отходящих газов с использованием одного или комбинации методов.

Таблица 5.53. Методы рекуперации тепла из отходящих газов

№ п/п	Метод/оборудование
1	2
1	Использовать котел-утилизатор и турбины для производства электроэнергии
2	Использовать котел-утилизатор и турбины для производства механической энергии на собственные нужды
3	Использовать котел-утилизатор для производства тепла на собственные нужды, в том числе для отопления офиса

#### Применимость

Для предприятий металлургической промышленности, имеющих данный процесс.

НДТ 57. Эффективное использование энергии отходящих газов, образующихся в закрытой печи с погруженной дугой или в пыли закрытой плазмы

#### Описание

НДТ заключается в рекуперации энергии из богатых углекислым газом отходящих газов, образующихся в закрытой печи с погруженной дугой или в пыли закрытой плазмы, с применением одного или комбинации описанных ниже методов.

Таблица 5.54. Методы рекуперации энергии из богатых углекислым газом отходящих газов, образующихся в закрытой печи с погруженной дугой или в пыли закрытой плазмы

№ п/п	Метод/оборудование
1	2



1	Использовать паровой котел и турбины для восстановления энергоемкости отходящих газов и производства электроэнергии
2	Использовать отходящие в качестве топлива в процессе (например, для сушки сырья, предварительного нагрева загрузочных материалов, спекания, нагрева ковшей)
3	Использовать отходящие газы в качестве топлива на соседних заводах

#### Применимость

Для предприятий металлургической промышленности, имеющих данный процесс.

НДТ 58. Эффективное использование энергии, образующихся в полужакртой дуговой печи

#### Описание

НДТ заключается в рекуперации энергии горячих выхлопных газов, образующихся в полужакртой дуговой печи под флюсом, с использованием одного или обоих методов.

Таблица 5.55. Методы рекуперации энергии горячих выхлопных газов, образующихся в полужакртой дуговой печи под флюсом

№ п/п	Метод/оборудование
1	2
1	Использовать котел-утилизатор и турбины для утилизации энергии выхлопных газов и производства электроэнергии
2	Использовать котел-утилизатор для производства горячей воды

#### Применимость

Для предприятий металлургической промышленности, имеющих данный процесс.

НДТ 59. Эффективное использование энергии отходящих дымовых газов

#### Описание

НДТ состоит в применении одного или комбинации приведенных ниже методов.

Таблица 5.56. Методы эффективного использования энергии отходящих газов

№ п/п	Метод/оборудование
1	2
1	Использовать обогащенный кислородом воздух в плавильных печах и кислородных конвертерах
2	Использовать котел-утилизатор тепла
3	Использовать тепло дымовых газов, образующихся в печи (например, для сушки сырья)
4	Использовать теплообменники

#### Применимость

Для предприятий металлургической промышленности, имеющих данный процесс.

НДТ энергоэффективности в производстве основных неорганических химических веществ

Добиться повышения эффективного использования энергии в производстве химических веществ можно и за счет применения технологических приемов, обеспечивающих наиболее экономное расходование энергоресурсов. Ниже, в качестве примера приводится обобщенный комплекс мероприятий, который в целом показывает подходы к энергосбережению и охране окружающей среды для химической промышленности.

Во-первых, это подготовка материалов (флотация руд, обогащение, изменение фазового состояния, повышение температуры самого материала) путем:

- использования отходящего тепла от технологических агрегатов;
- подбора оптимальных параметров технологического процесса;
- формирования шихтовых материалов с выделением тепла;
- герметизации оборудования и организованного отвода газов;
- локализации вредных соединений, образующихся в процессе подготовки материала к основному технологическому процессу.

Во-вторых, при организации основного технологического процесса нужно предусмотреть:

1. Проведение инвентаризации всех тепловых отходов, прочих образующихся отходов и источников загрязнения воздуха, устанавливая:

- место их образования;
- технические параметры оборудования и технологии;
- технические характеристики всех отходов;
- возможные методы и способы их вторичного использования по различным направлениям.

2. Составление технологических инструкций и разработка в них отдельных разделов по энергосбережению и охране среды с указанием приемов рационального использования энергии и способов сохранения качества окружающей среды.

3. Строгая регламентация технологических параметров, в первую очередь тех, которые определяют минимальную температуру ведения процесса и установление оптимальной величины давления в агрегате, что будет способствовать энергосбережению и уменьшению загрязнения окружающей среды.

4. Использование теплоносителей, образующихся в технологическом процессе:

- пара для ведения технологических операций;
- обработки растворов;
- плавления различных смесей;
- разогрева оборудования;
- нагрева шихтовых материалов и превращение их в парообразное состояние и т.д.

выделяющегося газа как дополнительного энергетического источника путем сжигания водорода и органических соединений, образующихся при протекании химических реакций;

газа как теплоносителя при проведении определенных технологических операций; органических отходов, утилизируемых путем сжигания в камерных и других печах; теплого воздуха.

5. Использование тепла экзотермических смесей при их охлаждении для поддержания необходимой температуры проведения процесса в соответствующих агрегатах.

6. Использование тепла поступающих материалов на проведение технологического процесса в случае, если их необходимо предварительно охладить.

7. Использование тепла полупродукта в случае его охлаждения.

8. Использование тепла конечных продуктов при их охлаждении.

9. Подбор технологии, где исходный материал обладает горючими свойствами и исходным элементом проведения технологии.

10. Сбор попутного газа ( $N_2$ ,  $NH_3$ , и т.д.) и его вторичное участие в химических процессах.

11. Использование химических отходов.

12. Разработка технологических приемов по уменьшению образования и эмиссии вредных соединений в окружающую среду.

13. Локализация вредных выбросов в атмосферу и водоемы. [29, 4.2.3]

Источники низкопотенциальной энергии [29, 4.3.2].

Низкопотенциальной энергия – это тепло воды, охлаждающей арматуру печей, тепло внешней поверхности печей и воздушных потоков, циркулирующих в межпечном пространстве. Большое количество вспомогательного оборудования в химической промышленности, имеющего высокую температуру стенок, охлаждается на воздухе, это тепло рассеивается в атмосфере. Значительные тепловые потоки образуются при остывании промежуточной и конечной продукции, а также жидких и твердых отходов производства.

В химической промышленности образуется большое количество производственных газов. Они нередко выбрасываются в атмосферу, отдавая свое тепло окружающему воздуху.

Необходимо обращать внимание на низкопотенциальное тепло энергетического оборудования. Оно образуется при работе насосов, компрессоров, двигателей внутреннего сгорания, газовых турбин, отдельные конструкции которых требуют охлаждения. В качестве хладагентов используется вода, воздух, масло, химические смеси. Их температура невысока, однако такое тепло можно использовать в практических целях.

Использование скрытой теплоты фазового перехода и энергии химических реакций [29, 4.3.3]

Пароиспарительное охлаждение дает возможность получить пар в химической промышленности там, где ведутся технологические процессы с высоким температурным уровнем, например, с применением печей кипящего слоя сернокислотного производства. Производственные процессы имеют большие резервы повышения эффективности. Особенно это видно на примере производства кислот, солей и других веществ, где химические реакции идут с выделением или поглощением тепла (см. таблица 5.57).

Таблица 5.57. Возможные источники выделения пара и его использования в различных технологиях [29, 4.3.3]

№ п/п	Конечный продукт	Химическая формула	Выделение и использование
1	2	3	4
1	Сода	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Разложение $\text{NaHCO}_3$ при температуре $175\text{ }^\circ\text{C}$ , сушка
2	Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (экзотермическая реакция)	(Вакуумная выпарка, сушка)
3	Фосфаты: натрия и другие	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	Нагрев смеси, вакуумная кристаллизация, сушка
4	Цианистый водород	$\text{HCN}$ с участием $\text{NH}_3$	Получение вторичных энергоресурсов
5	Акрилонитрил	$\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$ с участием $\text{NH}_3$	Сушка, температура основного процесса $400\text{ }^\circ\text{C}$
6	Хлористый аммоний	$\text{NH}_4\text{Cl}$	Температура процесса $100\text{ }^\circ\text{C}$ , вакуумная кристаллизация, сушка
7	Хлористый калий	$\text{KCl}$	Подогрев раствора до $100\text{ }^\circ\text{C}$ , вакуумная кристаллизация, сушка
8	Мочевина	-	Температура процесса $190\text{ }^\circ\text{C}$ в автоклаве, кристаллизация
9	Фтористая кислота	$\text{HF}$	Пар на технические нужды
10	Каустическая сода	$\text{NaOH}$ с участием $\text{Na}_2\text{CO}_3$	Процесс испарения
11	Сульфат натрия	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	По одному из вариантов технологии кристаллизация, сушка
12	Хромат и дихромат соды	$\text{Na}_2\text{CrO}_4$ , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$	Кристаллизация, сушка

13	Сульфат натрия	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Нагрев автоклава, кристаллизация, сушка
14	Уксусный ангидрид	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	Нагрев реактора, выпаривание, конденсация
15	Сульфат алюминия	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Температура процесса 105 °С, процесс испарения
16	Карбонат бария	BaCO <sub>3</sub>	Кристаллизация, сушка
17	Борная кислота	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Подогрев компонентов, вакуумная кристаллизация
18	Сероводород	H <sub>2</sub> S	Получение парообразных веществ при сжигании
19	Водород	H <sub>2</sub>	Пар для проведения процесса
20	Хлористый натрий	NaCl	Процесс выпарки
21	Соли брома	KBr	Прокаливание, упаривание
22	Бромистый аммоний	NH <sub>4</sub> Br	Упаривание, охлаждение
23	Соли йода	KJ	Пар на отопление агрегата, выпаривание
24	Соли магния		В зависимости от варианта технологии: нагрев, прокаливание отжиг
25	Соли бария: карбонат натрия	NaBO <sub>3</sub>	Кристаллизация, сушка
26	Пиросульфат натрия	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Нагрев паром, выпарка
27	Тиосульфат натрия	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
28	Сульфат аммония	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Выпарка в вакууме
29	Плавиковая кислота	H <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	Нагрев, вакуумирование, сушка
30	Арсенат кальция	Ca(AsO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Нагрев до 50 °С, сушка
31	Арсенат натрия	Na <sub>2</sub> AsO <sub>3</sub> Na <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	Нагрев, упаривание, сушка
32	Оксид мышьяка	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Подогрев, вакуумирование, фильтрация, сушка
33	Мышьяковая кислота	H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	Подогрев, вакуумирование, фильтрация, сушка
34	Гидрат кальция	Ca(OH) <sub>2</sub>	Нагрев
35	Цианистый натрий	NaCN	Нагрев, кристаллизация, сушка
36	Ортофосфат натрия	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Нагрев компонентов, подогрев, смешение

37	Сульфат алюминия	$Al_2(SO_4)_3$	Подогрев, испарение
38	Анилин	$C_6H_5NH_2$	Нагрев автоклава
39	Бутилацетат	$CH_3COOC_4$	Нагрев реактора паром $t = 90\text{ }^\circ\text{C}$

Так, при использовании традиционной схемы получения серной кислоты избыточная теплоэнергия образуется в каждом промежуточном цикле производства. Это относится к процессу сжигания серы или серного колчедана, получению серного и сернистого ангидрида.

Из теплового баланса получения серной кислоты видно, что при сжигании серы образуется  $650 \times 10^3$  ккал тепла, при этом для получения  $SO_3$  необходимо  $219 \times 10^3$  ккал тепла. В контактной башне образуется серная кислота, которая содержит только  $50 \times 10^3$  ккал тепла, то есть имеется достаточное количество избыточного тепла, образующегося в процессе получения  $SO_3$  [29, 4.6].

Энерготехнологическое комбинирование [29, 4.6]

Известно, что серная кислота является начальной составляющей производства соляной кислоты. Если получение серной кислоты – достаточно сложный процесс, оборудование которого занимает большие производственные площади, то для получения соляной кислоты достаточно одной муфельной печи.

При совместном производстве двух указанных кислот в одном производственном цикле, на одной территории можно избыточное тепло серноокислотного производства использовать для получения соляной кислоты. Такой принцип построения технологий позволяет соединять эндо- и экзотермические процессы, исключая при этом использование топлива или существенно сокращая его потребление.

В коксохимическом переделе термическая обработка угля дает кокс и газы, в которых содержатся различные химические соединения, в том числе и водород, который составляет до 60 % объема коксового газа. Из 140  $\text{Nm}^3$  коксового газа можно получить 60  $\text{Nm}^3$  высококачественного водорода. Использование водорода может быть комплексным: часть направить на ТЭЦ для получения тепла и энергии, часть – использовать в качестве сырья для получения аммиака. Водород может также служить восстановительным газом в металлургии.

В настоящее время химическая промышленность позволяет пересмотреть подходы к формированию технологических процессов с целью уменьшения или исключения традиционного топлива из технологического цикла, сокращения выбросов галогенных углеводородов и других соединений. Поставленную задачу можно решить, если генератором энергии будет один из исходных материалов, при производстве которого выделяется тепло.

Это тепло следует использовать для основных химических реакций, проведение которых невозможно без подведения тепла извне. В этом случае необходимо:

1. Оценивать характер химических реакций, протекающих при преобразовании исходных и получении конечных материалов.

2. Сочетать использование исходных материалов и формирование конечного продукта таким образом, чтобы при подготовке исходного материала шли процессы выделения тепла, а при получении конечных материалов – поглощение тепла, в результате чего отпадает необходимость использовать дополнительное топливо.

3. Оценить тепловые потенциалы исходных материалов и процесса получения конечных продуктов.

4. Проектировать подготовку исходных материалов и получение конечных продуктов в одной технологической схеме и в одном производственном комплексе.

5. Использовать все тепло, полученное при подготовке исходного материала как для подогрева всех компонентов конечных химических реакций, так и для ведения основного технологического процесса.

6. По возможности использовать начальный продукт как источник сырья, а также в качестве источника тепловой энергии.

7. Максимально использовать все составляющие конечного продукта в различных технологических процессах.

8. Утилизировать все тепловые и прочие (материальные) отходы.

9. Нейтрализовать образующиеся вредные соединения.

10. Создавать оборудование и технологии для реализации изложенной схемы процесса.

Принимая во внимание разнообразие видов деятельности и источников информации, ниже предлагаются примеры внедрения некоторых общих НДТ повышения энергоэффективности в производстве химических веществ.

Предлагаемые секторные НДТ энергоэффективности в производстве основных неорганических химических веществ, приводимые ниже, подлежат применению с учетом особенностей предприятий химического сектора, отнесенных к объектам I категории.

Выбор НДТ осуществляется руководством предприятий и зависит от характера технологических процессов и особенности сложившихся управленческих подходов.

Список приведенных техник не является полным или исчерпывающим. При применении исходить из положений основного отраслевого справочника, без ущерба действию других требований.

Примечание. Информация общих НДТ не дублируется.

НДТ 1. В целях повышения энергоэффективности в процессе производства аммиака применение активированного метилдиэтанолamina взамен моноэтанолamina на предприятиях азотной промышленности

Описание

Применение в процессе производства аммиака метилдиэтанолamina (МДЭА), активированного модифицирующими добавками вместо моноэтанолamina, что позволяет снизить коррозионные процессы, использовать более концентрированные растворы абсорбента, снизить деградацию абсорбента, снизить потребление энергоресурсов.

#### Техническое описание

Российский и зарубежный опыт последних десятилетий показывает, что метилдиэтанолamin (далее – МДЭА), активированный модифицирующими добавками, является более эффективным абсорбентом в процессе производства аммиака по сравнению с моноэтанолamiном (далее – МЭА).

МДЭА, являющийся третичным амином, обладает меньшей по сравнению с МЭА (первичный амин) коррозионной активностью, что подтвердили коррозионные исследования, проведенные в условиях, близких к промышленным. Это позволяет применять более концентрированные растворы МДЭА (30–50 % масс.), в случае с МЭА – 12–18 % масс. Отсутствие отложений на внутренней поверхности оборудования повышает эффективность теплообмена и снижает энергозатраты. Степень насыщения МЭА ограничена величиной 0,30–0,35 моль/моль, в то время как для МДЭА она доходит до 0,8 моль/моль. Это означает, что количество циркулирующего раствора абсорбента, а, следовательно, и расход энергии на его циркуляцию и регенерацию в 1,5 раза меньше, чем в случае использования МЭА.

Кроме того, меньшая по сравнению с МЭА теплота десорбции МДЭА позволяет сократить энергозатраты (на греющий пар) при регенерации абсорбента. Сравнительные расчеты показывают, что количество тепла, необходимое на регенерацию растворов МДЭА, на 30–40 % меньше, по сравнению с МЭА.

При применении растворов абсорбентов на основе МЭА наблюдаются его потери за счет уноса паров на стадии десорбции, где температура потоков достигает 115–130 °С. При применении МДЭА температура кипения которого (247 °С) значительно выше, чем у МЭА (170 °С), унос амина при регенерации раствора при рабочих температурах абсорберов снижается до величины, близкой к нулю.

#### Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологического процесса производства аммиака, снижения уноса паров амина, снижения расходов электроэнергии и тепла на собственные нужды.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Замена МЭА на МДЭА обеспечит экономию ресурсов на очистку газа за счет:

- 1) снижения энергозатрат до 30 % за счет:  
снижения циркуляционного расхода рабочего раствора;  
повышения степени насыщения рабочего раствора;  
меньшей теплоты десорбции МДЭА.



2) снижения затрат на обслуживание и ремонт оборудования за счет низкой коррозионной активности абсорбентов и отсутствия смолообразования;

3) снижения потребления абсорбента и значительной экономии средств на его закупку.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

Технические соображения, касающиеся применимости

Применим в производстве аммиака, а также в других процессах, связанных с очисткой газов. 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

Значительная разница в цене (МЭА на 30–40 % дороже МДЭА) и более длительный срок работы МДЭА без снижения его характеристик и без необходимости добавления свежего абсорбента в процессе эксплуатации позволит достичь значительной экономии средств на закупку абсорбента.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : повышение энергоэффективности и снижение потребления ресурсов; дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции ; улучшение экологических показателей.

НДТ 2. В целях повышения энергоэффективности процесса производства аммиака применение установки выделения водорода из продувочных и танковых газов

Описание

Применение в процессе производства аммиака установки выделения водорода из продувочных и танковых газов позволит повысить производительность установки по производству аммиака без увеличения расхода природного газа, пара и воздуха на технологию.

Техническое описание

При изыскании способов оптимальной утилизации газов необходимо стремиться к комплексному использованию компонентов газовых смесей с учетом их энергетических показателей.

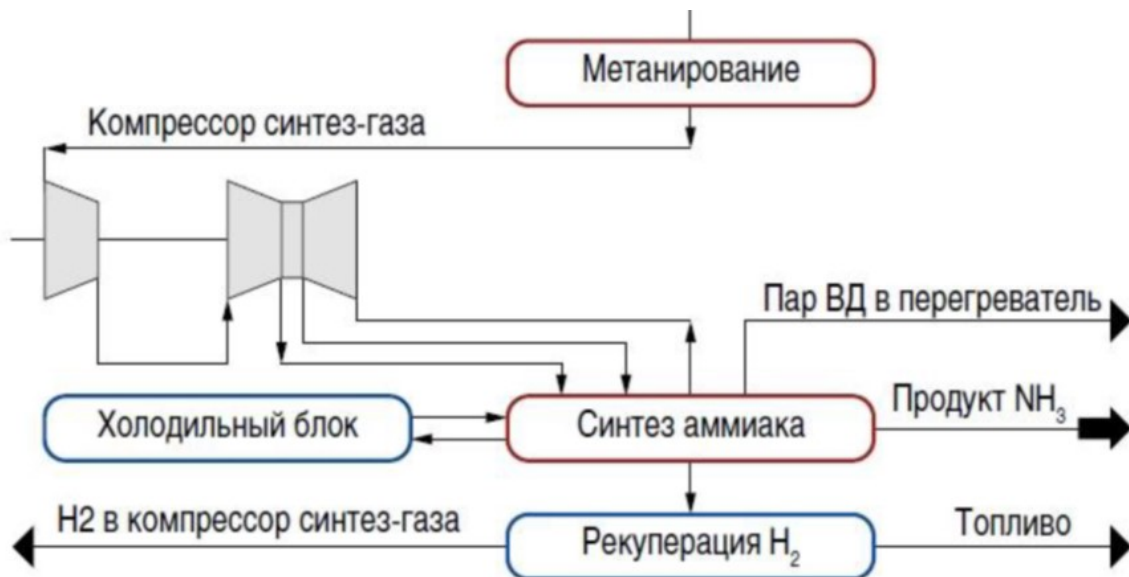


Рисунок 5.1. Утилизация аммиака из продувочных и танковых газов

Особенно важно полное извлечение из продувочных и танковых газов в первую очередь аммиака (основного продукта), что повышает производительность установки и снижает выбросы оксидов азота, поскольку утилизация танковых и продувочных газов, содержащих аммиак, осуществляется путем сжигания этих газов в смеси с топливным газом в печи первичного риформинга (далее – ППР), в результате чего содержание оксидов азота в дымовых газах достигает 400 мг/м<sup>3</sup> и выше. В Казахстане на предприятии "КазАзот" внедрена установка по утилизации аммиака из продувочных и танковых газов. Вторым наиболее важным компонентом продувочных и танковых газов является водород, его содержание находится в пределах 39–60 %. Выделение, улавливание водорода из танковых и продувочных газов и возврат его на всас компрессора синтез-газа приведет к росту производительности установки аммиака без увеличения расхода природного газа, пара и воздуха на технологию. Смещение процесса риформинга в сторону реактора вторичного риформинга при сохранении производительности даст экономию топлива и электроэнергии.

#### Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологического процесса производства аммиака, снижения общего энергопотребления (расход сырья, топлива и электроэнергии) на тонну аммиака.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Информация по конкретным производствам отсутствует. Системы выделения водорода из сбросных газов (продувочные и танковые газы) производства аммиака включены во все усовершенствованные установки зарубежного производства. Это наиболее реальный путь сокращения энерго-сырьевых затрат, позволяющий либо на 2–3 % повысить выход аммиака при том же расходе сырья, либо на 3–7 % сократить потребление энергоресурсов при том же выпуске конечного продукта. Вместе с тем

сбросные газы являются ценным сырьем для производства редких газов, поскольку в них наряду с водородом, азотом и метаном содержится до 10 % аргона и в сотни раз больше криптона и ксенона, чем в воздухе.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Применим в производстве аммиака, а также может быть использован в производстве аммиака, входящего в состав комплекса производства метанола, где в качестве сырья для получения водорода также служат продувочные газы. 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

Утилизация водорода из сбросных газов (продувочные газы и танковые газы) производства аммиака позволит сократить энерго-сырьевые затраты, либо на 2–3 % повысить выход аммиака при том же расходе сырья, либо на 3–7 % сократить потребление энергоресурсов при том же выпуске конечного продукта.

#### Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : снижение потребления ресурсов; снижение энергоемкости производства аммиака; улучшение экологических показателей.

НДТ 3. В целях повышения энергоэффективности процесса производства аммиака реконструкция печи первичного риформинга с внедрением реакционных труб нового типа и заменой теплообменного и холодильного оборудования

#### Описание

Реконструкция печи первичного риформинга (далее – ППР) позволит повысить энергоэффективность установки по производству аммиака и увеличить производство азотной кислоты.

#### Техническое описание

Очищенный от серы природный газ смешивается с водяным паром в смесителе М–101 до соотношения пар/газ = (3,7–4,1)/1 нм<sup>3</sup>/нм<sup>3</sup>, последовательно подогревается в змеевиках конвекционных зон печи до температуры 527 °С и через газовые коллекторы вводится в реакционные трубы. Водяной пар в смеситель подается через регулирующий узел КЗРС из котла-утилизатора агрегата синтеза аммиака. В реакционных трубах печи на никелевом катализаторе протекает процесс конверсии углеводородов природного газа водяным паром. Эффективность процесса конверсии во многом определяется равномерностью прогрева катализатора. Внедрение реакционных труб нового типа с большим внутренним диаметром и меньшей толщиной стенки

позволяет улучшить теплоперенос через стенку труб в печи риформинга и как результат снизить разность температур между их наружной поверхностью и выходящим синтез-газом. Одновременно с этим удастся уменьшить перепад давления по катализаторному слою, сократить расход топливного газа на проведение конверсии, увеличить выработку синтез-газа на агрегатах аммиака, снизить долю метана. Замена теплообменного и холодильного оборудования на энергоэффективное снизит тепловые потери, что также приведет к снижению потребления природного газа, при этом также снизятся расходы электроэнергии на производство аммиака.

#### Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологического процесса производства аммиака, снижения потребления природного газа и электроэнергии на тонну аммиака.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Реконструкция печи первичного риформинга позволит снизить потребление природного газа на одну тонну производства аммиака до 990–1 090 м<sup>3</sup> (на 20–24 %), потребление электроэнергии довести до уровня 750–850 кВтч/т (до реконструкции – 1 260 кВтч/т). Внедрение реакционных труб нового типа в печи первичного риформинга позволит увеличить выработку азотной кислоты и производство аммиачной селитры.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Применим в производстве аммиака. 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

Экономия природного газа, снижение расхода электроэнергии, увеличение производительности конечных продуктов.

#### Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : снижение потребления ресурсов, энергоемкости производства аммиака, улучшение в конечном счете экологических показателей.

НДТ 4. В целях повышения энергоэффективности процесса производства аммиака, аммиачной селитры утилизация избыточной теплоты для производства электроэнергии или замены привода мощных компрессоров на паротурбинный

#### Описание

Производство аммиака, аммиачной селитры характеризуются значительной выработкой тепла, которое можно использовать в собственном производстве, а

получаемый пар энергетических параметров использовать на производство собственной электроэнергии или – в случае замены электрического привода на паротурбинный – на привод мощных компрессоров.

#### Техническое описание

Одним из направлений повышения энергоэффективности производства является внедрение комбинированного производства тепла и электроэнергии. В производствах, имеющих избыток тепловых мощностей, целесообразно рассмотреть производство энергетического пара средних параметров ( $P=39$  кгс/см<sup>2</sup> и  $T=440$  С) и производство электроэнергии установкой паровой турбины с противодавлением, что позволит утилизировать тепло избыточного количества пара, снизить затраты на покупку электроэнергии. Пар после турбины направляется в коллектор пара  $P=13$  кгс/см<sup>2</sup>. В производстве азотной кислоты и аммиачной селитры возможно получения пара низких параметров ( $P=13$  кгс/см<sup>2</sup> и  $T=250-300$  С), который можно использовать в собственном производстве электроэнергии (турбина с конденсацией пара) или, в случае замены привода с электрического на паротурбинный, использовать для паровой турбины привода компрессора синтез-газа.

#### Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологического процесса производства аммиака, азотной кислоты и аммиачной селитры, снижение удельного потребления электроэнергии на тонну производимой продукции.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Информация по конкретным производствам отсутствует.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Применим в производстве аммиака, азотной кислоты, аммиачной селитры. 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

Экономия природного газа, снижение расхода электроэнергии, увеличение производительности конечных продуктов.

#### Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : снижение потребления ресурсов, энергоемкости производства аммиака, азотной кислоты и аммиачной селитры, улучшение в конечном счете экологических показателей.

НДТ 5. В целях повышения энергоэффективности процесса производства хлора и каустика применение в мембранных электролизерах современных единичных ячеек с нулевым зазором

#### Описание

Сочетание конструкции с нулевым зазором с одноэлементной концепцией в мембранных электролизерах создает уникальную технологию, позволяющую значительно снизить расход электроэнергии при производстве хлора и каустика.

#### Техническое описание

Потребление электроэнергии постоянного тока на производство 1 т раствора едкого натра марки РМ (на 100 % NaOH) мембранным методом электролиза находится на уровне 2 200–2 500 кВтч. Центральную роль в мембранном электролизере играет довольно чувствительная мембрана. Потребление электроэнергии и ресурс работы электролизера во многом определяется конструкцией "единичных элементов".

Современная одноэлементная конструкция Uhde® с уникальным уплотнением и системой шлангов обеспечивает полностью герметичную электролитическую ячейку вплоть до избыточного давления 4,7 кгс/см<sup>2</sup>. Снижение потребления электроэнергии происходит за счет увеличения используемой площади мембраны в сочетании с конструкцией с нулевым зазором по всей активной площади мембраны. Данный положительный эффект подкрепляется более равномерным распределением тока на мембрану и улучшенным выбросом пузырьков газа, что сокращает застой газа внутри одной ячейки.

#### Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологического процесса производства хлора и каустика, повышения надежности, снижения потребления электроэнергии на тонну раствора едкого натра марки РМ (на 100 % NaOH) мембранным методом электролиза.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Внедрение модулей мембранных электролизеров с новыми "единичными элементами" позволит повысить срок службы мембран при использовании их в оптимальном диапазоне контактного давления и отсутствии зазора на всей активной поверхности, снизить удельный расход электроэнергии постоянного тока в электролизерах новой конструкции до уровня 2 035 кВтч/т. А применение технологий Uhde® BM2.7v bplus позволит снизить потребление электроэнергии на тонну раствора едкого натра марки РМ (на 100 % NaOH) мембранным методом электролиза до 1 995–2 015 кВтч при плотности тока 6 кА/м<sup>2</sup>.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Применим в производстве хлора и каустика, водорода. 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

Повышение срока службы мембран, снижение затрат на замену, снижение расхода электроэнергии, увеличение производительности конечных продуктов.

#### Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : снижение потребления ресурсов; снижение энергоемкости производства хлора и каустика; улучшение в конечном счете экологических показателей.

НДТ 6. В целях повышения энергоэффективности процесса производства серной кислоты повышение выработки энергетического пара для производства электроэнергии и/или для парового привода воздушного нагнетателя или на другие заводские нужды

#### Описание

Одним из основных параметров для определения энергоэффективности производства серной кислоты является удельная выработка энергетического пара, который может использоваться для производства электроэнергии мощных нагнетателей или другие производственные нужды.

#### Техническое описание

В процессе получения серной кислоты протекают экзотермические реакции, утилизация тепла которых позволяет увеличить общую энергоэффективность технологии. В современных сернокислотных системах тепло химических реакций используется для получения пара с различными параметрами.

В установках производства серной кислоты ДКДА удельное производство энергетического пара составляет 0,55–0,97 Гкал на 1 тонну моногидрата  $H_2SO_4$  (выработка пара 40 кгс/см<sup>2</sup>). Совершенствование системы ДКДА с организацией утилизации тепла абсорбции (выработка пара 13 кгс/см<sup>2</sup>) и оптимизацией параметров позволяет повысить удельное производство энергетического пара до 1,07–1,37 Гкал. При этом снижаются расходы электроэнергии на перекачку оборотной воды и удельный расход электроэнергии на 1 тонну моногидрата  $H_2SO_4$  до 46 кВтч ( фактическое потребление электроэнергии 64–88 кВтч).

При использовании парового привода воздушного нагнетателя удельный расход электроэнергии на тонну продукции для сернокислотных систем ДКДА может быть снижен до 21–22 кВтч на 1 тонну моногидрата  $H_2SO_4$ .

#### Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологического процесса производства серной кислоты, повышения надежности,

снижения потребления электроэнергии на 1 тонну моногидрата  $H_2SO_4$ , повышения удельного производства энергетического пара.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Совершенствование системы утилизации тепла абсорбции позволяет снизить потребление энергетических ресурсов на производство серной кислоты (удельный расход электроэнергии может быть понижен до 2-х раз, а при использовании пара на привод воздушного нагнетателя до 3,5 раз), повысить производство энергетического пара и снизить операционные расходы предприятия на закупаемые энергетические ресурсы.

Усложнение процесса производства, вызванное узким рабочим диапазоном температур и концентраций серной кислоты при утилизации тепла абсорбции с получением пара низкого давления.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

Технические соображения, касающиеся применимости

Применим в производстве серной кислоты. Целесообразность внедрения данной технологии определяется экономической эффективностью работы предприятия, в частности затратами на электроэнергию. 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

Снижение расхода электроэнергии, увеличение выработки пара, увеличение производительности конечных продуктов.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : снижение потребления ресурсов; снижение энергоемкости производства серной кислоты.

### **5.3.3. НДТ энергоэффективности нефтегазовой отрасли - добыча нефти и попутного газа**

Потребление и генерация электро- и тепловой энергии являются одним из важнейших аспектов при добыче нефтегазоводяной смеси. Энергоресурсы необходимы как на стадии добычи нефти, так и на стадии эксплуатации нефтяных месторождений, хранения продукции и подготовки нефтегазоводяной смеси к транспортировке [43].

Затраты на электроэнергию и энергетические ресурсы играют значительную роль в расходах предприятий нефтегазодобывающей промышленности. Неэффективное



расходование энергоресурсов способно привести к значительному увеличению затрат предприятия. Основной вклад в повышение энергоэффективности вносит внедрение систем энергетического менеджмента на предприятиях [43].

Принимая во внимание разнообразие видов деятельности и источников информации, ниже предлагаются примеры внедрения некоторых общих НДТ повышения энергоэффективности в нефтегазодобывающей промышленности.

Предлагаемые ниже некоторые примеры секторных НДТ энергоэффективности в секторе добычи нефти и попутного газа подлежат применению с учетом особенностей предприятий данного сектора, отнесенных к объектам I категории.

Выбор НДТ осуществляется руководством предприятий и зависит от характера технологических процессов и особенности сложившихся управленческих подходов.

Список приведенных техник не является полным или исчерпывающим. При применении исходить из положений основного отраслевого справочника, без ущерба действию других требований.

Примечание. Информация общих НДТ не дублируется.

НДТ 1. В целях повышения энергоэффективности в процессе добычи нефти с помощью применения установки предварительного сброса пластовой воды

#### Описание

Установка предварительного сброса воды (далее – УПСВ), на которой происходит отделение от нефти пластовой воды и попутного газа, а также подогрев нефти и приращение удельной энергии потока добываемой нефти (дожим) до следующей системы подготовки нефти.

#### Техническое описание

УПСВ состоит из следующих комплексов оборудования: узел сепарации, (резервуарный парк), насосные агрегаты.

Установка типа УПСВ позволяет непосредственно на промысле осуществить предварительный сброс воды с целью последующей закачки в систему поддержания пластового давления; сократить затраты на транспортировку нефти с остаточной обводненностью 0,5–10 %; оптимизировать загрузки центральных пунктов сбора нефти (далее – ЦПС) и установок подготовки нефти (далее – УПН); отделить попутный нефтяной газ (далее – ПНГ) для последующего транспорта на установки комплексной подготовки газа (далее – УКПГ).

Выбор места строительства объекта осуществляется в соответствии с проектным документом на разработку месторождения (участка недр), существующей (или планируемой) инфраструктурой по сбору, подготовке нефти, газа; закачке пластовой воды в систему поддержания пластового давления.

#### Достигнутые экологические выгоды

Применение установок типа УПСВ позволяет снизить экологические воздействия и повысить экономическую эффективность процесса подготовки нефти.

## Экологические показатели и эксплуатационные данные

Внедрение технологии значительно снижает риски коррозионного износа трубопроводов транспорта нефти от УПСВ до УПН, ЦПС, газопроводов транспорта газа от УПСВ до УКПГ; существенно снижает протяженность низконапорных водоводов от УПСВ до блочных кустовых насосных станций (далее – БКНС) системы поддержания пластового давления и энергозатраты на транспорт жидкости по напорным и межпромысловым нефтепроводам.

Оптимальное расположение УПСВ ведет к сокращению территории землеотвода для прокладки трубопроводов, соответственно локализации зон возможных разливов.

### Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости последующего производства нефти и подготовки ее к транспортировке. Повышение уровня культуры производства.

### Технические соображения, касающиеся применимости

Применение технологии требует изменение технологической схемы производства.

Каких-либо ограничений в отношении применения не установлено.

### Экономика

Решение о применении данной технологии рассматривается индивидуально в каждом конкретном случае на основании выполненных технико-экономических расчетов.

### Движущая сила внедрения

Внедрение технологии позволяет снизить риски возникновения аварий и металлоемкость трубопроводов.

Технология широко применяется на нефтедобывающих предприятиях нефтяных компаний Российской Федерации.

НДТ 2. В целях повышения энергоэффективности процесса производства при промысловой подготовке нефтегазоводяной жидкости за счет применения автоматических устройств регулирования уровня раздела фаз продукции скважин

### Описание

Применение автоматических устройств регулирования уровня раздела фаз продукции скважин в емкостных аппаратах "жидкость-газ", "нефть-вода-газ", "нефть-вода" установок типа УПСВ, УПН, ЦПС и др. обеспечивает возможность регулирования качества процесса разделения газоводонефтяной смеси и чистоты продуктов разделения. Информация о типах применяемых устройств регулирования уровня раздела фаз приводится в утвержденном технологическом регламенте на объект

### Техническое описание

Устройство позволяет четко поддерживать и регулировать уровень границы раздела фаз в герметизированных проточных емкостях при изменении их параметров с

помощью автоматизации сепарационной установки с автоматическим управлением клапанами.

#### Достигнутые экологические выгоды

Возможность подачи отстоянной воды для поддержания пластового давления непосредственно в ближайшие нагнетательные скважины на нефтепромыслах или в систему поддержания пластового давления без лишней транспортировки и без дополнительного насосного оборудования за счет использования энергии пластового давления или давления, создаваемого насосной установкой, подающей газоводонефтяную смесь в герметизированные проточные емкости, что приводит к экономии электроэнергии и материалов.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Применение устройств регулирования уровня раздела фаз позволяет осуществлять контроль за выбросами углеводородов в атмосферу в пределах норм, установленных технологическим регламентом.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости последующего производства нефти и подготовки ее к транспортировке. Повышение уровня культуры производства.

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Каких-либо ограничений в отношении применения не установлено.

#### Экономика

Решение о применении конкретных типов устройств рассматривается индивидуально для каждого емкостного аппарата в зависимости от назначения аппарата, технологической схемы процесса, достижения параметров качества продукции, установленных технологическим регламентом установки.

#### Движущая сила внедрения

Позволяет оптимизировать технологический процесс подготовки нефти, воды, газа (нормализация давления, скорости движения жидкостей, создавать условия для достижения требуемых показателей о качества продукции), и, как следствие, снизить риски возникновения аварий.

НДТ 3. В целях повышения энергоэффективности процесса закачки воды в пласт при добыче нефти путем повышения энергоэффективности эксплуатации насосного оборудования

#### Описание

Насосные агрегаты системы поддержания пластового давления (далее – ППД) являются наиболее энергозатратным оборудованием при добыче нефти. Энергетические затраты на систему ППД составляют от 30 % до 40 % от энергетических затрат на добычу, промышленный транспорт и подготовку нефти.

#### Техническое описание

#### Применение:

частотных регуляторов электродвигателей насосов,  
установка электроцентробежного насоса (УЭЦН) с уменьшением монтажной длины насоса и в снижении затрат на электроэнергию при добыче скважинной жидкости. Эффект достигается, в том числе, за счет применения вентильного привода УЭЦН с повышенным номинальным напряжением и – как следствие – со снижением потерь в погружном кабеле,

использование насосных установок малого (2А и 3) габарита для работы в скважинах с техническими ограничениями: смещение труб эксплуатационной колонны. Преимущество – оптимальное электропотребление при производительности 2А и 3 габаритов в зависимости от частоты вращения валов и номинала ступени с мощностью от 20 м<sup>3</sup>/сут при 3 000 об./мин. до 280 м<sup>3</sup>/сут. при 6 000 об/мин.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение потребления энергетических ресурсов. Нет дополнительных воздействий на окружающую среду.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Технологии не требуют больших капитальных затрат.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства добычи нефти. Повышение уровня культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Каких-либо ограничений в отношении применения не установлено.

Экономика

Технологии не требуют больших капитальных затрат. Снижение затрат энергии на закачку воды в пласт и подачу нефти.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : снижение потребления ресурсов; снижение энергоемкости добычи нефти. Нет дополнительных воздействий на окружающую среду.

НДТ 4. В целях повышения энергоэффективности процесса сбора скважинной продукции путем применения многофазных насосов для перекачки многофазной смеси

Описание

Применение многофазных насосов для сбора нефти на промыслах позволяют сократить эксплуатационные и энергетические затраты при обслуживании этих объектов.

Техническое описание

Сбор продукции скважин по нефтесборным и напорным трубопроводам без еУ разделения на жидкую и газовую фазы с применением винтовых многофазных насосов позволяет исключить необходимость использования дожимных насосных станций ( далее – ДНС) с сепарационным и резервуарным оборудованием. На приУме установки

поддерживается относительно высокое (0,8–1,4 МПа) давление, что не позволяет существенно снизить устьевые давления на скважинах.

#### Достигнутые экологические выгоды

Применение технологии позволяет снизить выбросы в атмосферу и сократить площадь землеотвода под строительство нефтеперекачивающих объектов.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

При использовании многофазных насосов наблюдается рост энергопотребления, что обуславливается ростом гидравлических потерь в напорных трубопроводах при перекачке продукции скважин как за счет увеличения дополнительного объема газа, так и за счет пробкового режима течения, характерного для пересеченной местности. Но за счет исключения дожимных насосных станций суммарное энергопотребление значительно снижается.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение объемов сжигания ПНГ и повышение энергоэффективности производства.

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Ограничением по применению является высокое содержание газа в нефти, высокий газовый фактор.

#### Экономика

Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

#### Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : снижение потребления ресурсов; снижение энергоемкости перекачки нефтегазовой среды; снижение объемов сжигаемого на факелах газов; улучшение в конечном счете экологических показателей.

НДТ 5. В целях повышения энергоэффективности процесса охлаждения путем замены водяной системы охлаждения на воздушную

#### Описание

Применение воздушной системы охлаждения вместо водной позволяет снизить экологические воздействия и повысить экономическую эффективность процесса путем снижения затрат на подготовку охлаждающей воды.

#### Техническое описание

Основным недостатком является отведение большей площади для конструирования установок по сравнению с системой охлаждения водой.

#### Достигнутые экологические выгоды

Основным преимуществом является использование воздушных потоков для охлаждения, система подготовки которых конструктивно проще по сравнению с системой подготовки воды.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

В процессе охлаждения воздухом уровень шумового воздействия выше, чем в случае охлаждения водой. Уровень шумового воздействия в результате эксплуатации вентиляторов колеблется в пределах 97–105 децибел (А) в зависимости от типа источника.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

Технические соображения, касающиеся применимости

Климатические условия в регионе эксплуатации нефтяного месторождения могут ограничить применение воздушного охлаждения. Более того, воздушные вентиляторы нельзя размещать вблизи зданий по причине возможности возникновения коротких замыканий.

Экономика

При внедрении технологии на отдельных месторождениях расходы на воздушные вентиляторы могут оказаться высокими. Решение о применении данной технологии рассматривается индивидуально в каждом конкретном случае на основании выполненных технико-экономических расчетов.

Минимальные расходы на техническое обслуживание.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : снижение потребления ресурсов; снижение энергоемкости системы охлаждения; улучшение в конечном счете экологических показателей.

НДТ 6. В целях повышения энергоэффективности процесса добычи и транспортировки нефти и газа путем утилизации попутного нефтяного газа

Описание

Технологии, позволяющие повысить объемы полезного использования попутного нефтяного газа, такие как закачка газа в пласт для ППД (в основном без использования воды), закачка газа в подземные хранилища газа (далее –ПХГ), использование на собственные нужды предприятия (печи подогрева нефти, котельные, газовые электростанции и др.), сдача газа в систему магистральных газопроводов, строительство газотурбинных (далее – ГТЭС) и газопоршневых электростанций (далее – ГПЭС), газоперерабатывающих заводов (далее – ГПЗ) и другие.

Техническое описание

Для внедрения технологии требуется изменение технологической схемы.

Достигнутые экологические выгоды

Утилизация попутного нефтяного газа, снижение выбросов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Утилизация ПНГ позволяет снизить плату за несоблюдение требований. Решение о применении конкретного технологического решения рассматривается индивидуально в

каждом конкретном случае на основании выполненных технико-экономических расчетов.

#### Кросс-медиа эффекты

Получение дополнительных продуктов в виде различных видов энергии.  
Повышение уровня культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Технология широко применима на предприятиях добычи нефти.

#### Экономика

Получение различных видов энергии, увеличение выработки пара, увеличение производительности конечных продуктов.

#### Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : повышение экологичности производства путем полной утилизации попутного нефтяного газа с получением конечных продуктов в виде электрической и тепловой энергий.

НДТ 7. В целях повышения энергоэффективности процесса добычи и транспортировки нефти и газа путем применения безамбарного метода бурения скважин

#### Описание

Целью безамбарного бурения является создание системы замкнутого водоснабжения, максимального извлечения твердой фазы при минимальных потерях жидкой фазы. Эта цель достигается путем возврата в систему максимально возможного объема жидкой фазы и сброса максимально возможного количества сухого шлама с последующей полной утилизацией. Состав каждой фазы варьируется в зависимости от разрабатываемого месторождения и зависит от типа бурового раствора и характеристик месторождения. Отработанный раствор представляет собой жидкость с включением твердой фазы. После проведения мер по очистке буровой раствор может быть использован повторно.

#### Техническое описание

Наиболее эффективно реализовать технологию безамбарного бурения можно только в комплексе:

- 1) проектирование систем буровых растворов и схем расположения оборудования для безамбарного бурения;
- 2) приготовление и обработка буровых растворов;
- 3) инженерное обеспечение работы оборудования по контролю содержания твердой фазы и обезвоживанию.

#### Достигнутые экологические выгоды

Снижение затрат энергии при бурении, снижение выбросов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Метод безамбарного бурения направлен на соблюдение экологических стандартов и норм при проведении работ путем исключения сброса жидких и твердых отходов, появляющихся в ходе работ. Существенным фактором минимизации воздействия на окружающую среду является ведение буровых работ безамбарным методом без применения углеводородов в составе бурового раствора.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

Технические соображения, касающиеся применимости

Технология широко применима на предприятиях добычи нефти.

Экономика

Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Применение безамбарной технологии бурения позволяет решить, как экологические, так и технологические проблемы:

отказаться от строительства амбаров для сбора отходов бурения;

исключить сброс жидких отходов;

сократить потребление технической воды за счет оборотного водоснабжения;

за счет эффективного регулирования состава твердой фазы улучшить качество буровых растворов и снизить затраты на их приготовление и обработку;

улучшить отработку долот и соответственно сократить сроки строительства скважин;

улучшить вскрытие продуктивного пласта за счет низкого содержания твердой фазы;

отказаться от применения в качестве смазочной добавки нефти.

НДТ 8. В целях повышения энергоэффективности процесса добычи и транспортировки нефти и газа путем изоляции зон поглощения

Описание

Одной из наиболее серьезных проблем при строительстве скважин является изоляция зон с интенсивным поглощением бурового раствора, вскрытие которых сопровождается обвалами пород. Поэтому вопросу предупреждения поглощения бурового раствора уделяется особое внимание.

Техническое описание

В вопросах предупреждения поглощений первостепенное место занимает регулирование давления на поглощающие пласты. С целью ограничения роста давления в затрубном пространстве выше допустимых норм необходимо:

не допускать превышения нормы увеличения плотности и геологических параметров бурового раствора;



своевременно вводить в буровой раствор смазывающие добавки (СМАД, ОЖК, ОЗГ) и контролировать их содержание в растворе;

не допускать резких посадок инструмента при спуске в скважину;

прорабатывать ствол скважины при плавной подаче долота;

бурить зоны предполагаемых поглощений бурового раствора роторным способом с применением шарошечных долот с центральной промывкой и ограничением подачи буровыми насосами промывочной жидкости и механической скорости проходки;

прорабатывать ствол скважины при каждом наращивании инструмента на длину рабочей трубы и добиваться свободного движения инструмента до забоя без промывки и вращения;

восстанавливать циркуляцию бурового раствора одним насосом с одновременным поднятием колонны на длину рабочей трубы и постепенным открытием задвижки на выходе насоса, предварительно разрушив структуру бурового раствора вращением инструмента.

Достигнутые экологические выгоды

Технология позволяет повысить показатели ресурсосбережения.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Необходимо усиление технологического контроля при бурении скважин.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

Технические соображения, касающиеся применимости

Каких-либо ограничений в отношении применения не установлено.

Экономика

Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Решение проблемы поглощения бурового раствора. Технология широко применима на предприятиях добычи нефти.

НДТ 9. В целях повышения энергоэффективности процесса эксплуатации скважин путем одновременно-раздельной эксплуатации

Описание

Одновременно-раздельная эксплуатация (далее – ОРЭ) применяется с целью повышения технико-экономической эффективности разработки за счет совмещения эксплуатационных объектов и осуществления при этом, посредством специального оборудования, контроля и регулирования процесса отбора запасов отдельно по каждому объекту.

Техническое описание

ОРЭ осуществляют путем оснащения скважин обычной конструкции оборудованием, разобщающим продуктивные пласты, или путем использования для этих целей скважин специальной конструкции.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение объемов бурения за счет использования ствола одной скважины и организации одновременного (совместного) отбора запасов углеводородов разных объектов разработки одной сеткой скважин.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Контроль обводненности и извлекаемых объемов углеводородов.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства. Уменьшение влияния на окружающую среду за счет того, что вместо нескольких скважин, отбирающих нефтепродукты с разных продуктивных пластов, строится только одна с той же производительностью.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется для скважин с двумя и более геологическими объектами эксплуатации, имеющие значительные отличия в условиях эксплуатации и существенные лицензионные требования.

Экономика

Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае. Возможно повышение рентабельности отдельных скважин за счет подключения других объектов разработки или разных по свойствам пластов одного объекта разработки.

Движущая сила внедрения

Технология позволяет повысить производительность скважины за счет оптимизации работы пластов; обеспечить равномерность выработки и нефтеотдачу пластов, эксплуатируемых скважиной; обеспечить контроль над разработкой объектов, эксплуатируемых скважиной; повысить рентабельность скважины присоединением других объектов и обеспечить разработку и эксплуатацию малопродуктивных месторождений присоединением к другим.

НДТ 10. Повышение энергоэффективности процесса эксплуатации скважин путем применения в составе установок скважинных штанговых насосов длинноходовых цепных приводов

Описание

На поздней стадии разработки месторождений обостряется вопрос выбора оборудования для эксплуатации скважин, обеспечивающего добычу нефти в осложненных условиях при наименьших затратах. Применение в составе установок скважинных штанговых насосов (далее – УСШН) длинноходовых цепных приводов, обеспечивает экономию энергозатрат 15–25 % (КПД УСШН с такими приводами достигает 60 %).

## Техническое описание

С технологической точки зрения все цепные приводы имеют следующие особенности:

фиксированную длину хода;

реверсивный редуцирующий преобразующий механизм, совмещенный с частью уравновешивающего груза фиксированной массы;

благоприятный закон движения штанг с равномерной скоростью на большей части хода и относительно низкой частотой качаний;

максимальную скорость штанг в 1,7 раза меньше, чем у балансирных аналогов при равной частоте качаний;

при ремонте скважины откатываются от устья на необходимое расстояние.

Достигнутые экологические выгоды

Использование цепного привода сокращает затраты на электроэнергию.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение энергопотребления.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

Технические соображения, касающиеся применимости

Наиболее эффективно применение технологии в следующих случаях:

для замены ЭЦН 50 и ЭЦН 80 на УСШН с приводом ПЦ 80-6-1/4 в целях экономии электроэнергии, затрачиваемой на подъем продукции;

на высокодебитных скважинах с высоковязкой продукцией, в том числе на обводненных скважинах, "склонных" к образованию эмульсии;

для оптимизации отбора жидкости из скважин с уменьшенным проходным сечением эксплуатационной колонны, в том числе высокодебитных и/или с высоковязкой продукцией;

для эксплуатации скважинных штанговых насосов (далее – СШН) глубоких скважин;

для повышения эффективности эксплуатации высокодебитных скважин с УСШН с низким межремонтным периодом (далее – МРП) работы скважинного оборудования;

для обеспечения возможности регулирования режима эксплуатации высокодебитных скважин (в том числе с высоковязкой продукцией) в рамках технической характеристики привода без потери КПД.

Экономика

Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Технология позволяет снизить потребление электрической энергии при добыче нефти в осложненных условиях.

НДТ 11. В целях повышения энергоэффективности процесса эксплуатации скважин путем установки штангового глубинного насоса

#### Описание

Штанговый насос представляет собой плунжерный насос специальной конструкции, привод которого осуществляется с поверхности посредством штанги. Насосы погружаются значительно ниже уровня жидкости, которую планируется перекачать.

#### Техническое описание

Глубина погружения в скважину позволяет обеспечить не только стабильный подъем нефти с большой глубины, но и отличное охлаждение самого насоса. Также подобные насосы позволяют поднимать нефть с высоким процентным содержанием газа.

#### Достигнутые экологические выгоды

Снижение удельных энергозатрат на подъем продукции.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение энергопотребления на подъем продукции с нефтяного пласта путем снижения затрат на охлаждение насосов.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Каких-либо ограничений в отношении применения не установлено.

#### Экономика

Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

#### Движущая сила внедрения

Технология широко применима на предприятиях добычи нефти.

НДТ 12. В целях повышения энергоэффективности процесса нефтеотдачи пластов путем применения технологии повышения выработки нефтяных пластов с использованием композиций на основе силикатного геля

#### Описание

Технология предназначена для увеличения охвата пласта и коэффициента нефтевытеснения.

#### Техническое описание

Метод воздействия на пласт основан на создании блокирующей оторочки неорганической микрогелевой композицией с последующим направлением заводнения в менее промытые интервалы и доотмывом нефти растворами поверхностно-активных веществ.

#### Достигнутые экологические выгоды

Применение реагентов повышения нефтеотдачи пластов с меньшей токсичностью.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Повышение нефтеотдачи пластов, повышение экологичности производства.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

Технические соображения, касающиеся применимости

Решение о применении конкретного технологического решения рассматривается индивидуально в каждом конкретном случае на основании выполненных технико-экономических расчетов.

Экономика

Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Технология широко применима на предприятиях добычи нефти.

НДТ 13. В целях повышения энергоэффективности процесса транспортировки нефти и газа путем применения труб повышенной надежности и ингибиторов коррозии

Описание

Повышение коррозионной активности транспортируемой жидкости по нефтепромысловым трубопроводам является актуальной проблемой нефтедобывающих предприятий, препятствующей эффективной работе трубопроводного транспорта и приводящей к аварийным ситуациям.

Техническое описание

Коррозионные разрушения, отложения парафинов и солей приводят к остановкам эксплуатации трубопроводов. Внедрение труб повышенной надежности, а также ингибиторов коррозии позволяет снизить аварийность при транспортировке нефти.

Достигнутые экологические выгоды

Уменьшение удельной аварийности трубопровода, что способствует уменьшению разливов нефти.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение коррозии и наростов на внутренней стороне трубопроводов, значит, снижение энергозатрат на перекачку, снижение затрат на ремонт труб и ликвидацию аварийных загрязнений при разливах.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

Технические соображения, касающиеся применимости

Необходимо проведение технико-экономического анализа.

Экономика

Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Технология широко применима на предприятиях добычи нефти.

#### **5.3.4. НДТ энергоэффективности нефтегазовой отрасли – нефтеперерабатывающие заводы**

В зависимости от глубины переработки нефти, ее состава, ассортимента и качества целевых продуктов, технического уровня оборудования и других факторов расход энергии на собственные нужды нефтеперерабатывающих заводов эквивалентен 6–10 % перерабатываемой нефти. Из общего количества потребляемой энергии 55–65 % приходится на долю технологического топлива, 30–35 % – на тепловую и 8–12 % – на электрическую энергию [44].

Наиболее энергоемкими являются процессы гидрокрекинга, каталитического крекинга и риформинга, коксования, производства масел. Процессы первичной переработки нефти менее энергоемкие, но атмосферно-вакуумной перегонке подвергается вся поступающая на НПЗ нефть. При этом расходуется около 50 % суммарных энергозатрат НПЗ.

Наиболее затратными, с точки зрения использования энергии в виде топлива, пара или электрической энергии, процессами на НПЗ являются:

нагрев сырой нефти или сырья для технологических установок;

получение пара для механического привода турбин для питания основных компрессоров и некоторых крупных насосов, процессов нагревания и питания пароструйных вакуумных эжекторов;

нагрев рибойлеров и др.

На сегодняшний день уровень энергоемкости НПЗ РК выше, чем у передовых НПЗ стран ЕС и России. Установлено, что НПЗ РК по своему технологическому состоянию соответствуют требованиям по энергоэффективности, представленными в российском и европейском справочнике по НДТ. Так, в справочнике по НДТ "Переработка нефти и газа" уделяется большое внимание вопросам энергоэффективности. Проведен анализ энергоэффективности технологических объектов основных НПЗ. [45]

В отраслевом (вертикальном) справочнике по НДТ "Переработка нефти и газа", проект которого был разработан и отправлен на рассмотрение и утверждение в Комитет НДТ в соответствии с нормами Экологического кодекса, представлен подробный анализ и рассмотрены меры, которые могут быть приняты для повышения энергоэффективности, улучшения интеграции и рекуперации тепла.

Принимая во внимание разнообразие видов деятельности и источников информации, ниже предлагаются примеры внедрения некоторых общих НДТ повышения энергоэффективности в секторе нефтепереработки.

Предлагаемые ниже некоторые примеры секторных НДТ энергоэффективности в секторе нефтепереработки подлежат применению с учетом особенностей предприятий данного сектора, отнесенных к объектам I категории.

Выбор НДТ осуществляется руководством предприятий и зависит от характера технологических процессов и особенности сложившихся управленческих подходов.

Список приведенных техник не является полным или исчерпывающим. При применении исходить из положений основного отраслевого справочника, без ущерба действию других требований.

Примечание. Информация общих НДТ не дублируется.

НДТ 1. В целях повышения энергоэффективности и ресурсосбережения в процессе атмосферной перегонки нефтяного сырья на установке ЭЛОУ-АТ и переработки нефти в целом

Описание

Повторное использование воды для обессоливания для снижения гидравлической нагрузки на установках для очистки воды НПЗ и уменьшения объемов потребляемой воды.

Техническое описание

Использование комплексных закрытых очистных сооружений с замкнутым циклом водопользования, включающих блоки флотации, биологической очистки, мембранные и угольные фильтры, установку ионного обмена или обратного осмоса, мембранные биореакторы (далее – МБР). Очистные сооружения с замкнутым циклом.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение объемов сточных вод в поверхностные водные объекты, вплоть до полной утилизации стоков.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Внедрение технологии позволит на каждом нефтеперерабатывающем заводе не только довести технологическую систему водоснабжения завода до бессточной, но и полностью отказаться от покупки обессоленной воды и перегретого пара для технологических нужд.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости и ресурсоемкости процесса переработки нефти. Повышение уровня культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применение технологии не требует изменения основной технологической схемы производства. Каких-либо ограничений в отношении применения не установлено.

Экономика

Решение о применении данной технологии рассматривается индивидуально в каждом конкретном случае на основании выполненных технико-экономических расчетов.

Движущая сила внедрения

Внедрение технологии позволяет отказаться от покупки химически очищенной воды и пара у внешних энергопроизводящих организаций.

НДТ 2. В целях повышения энергоэффективности процесса изомеризации и сплиттер нафты

## Описание

Установка изомеризации и сплиттера нефти предназначена для получения высокооктанового компонента бензина с низким содержанием ароматических углеводородов, бензола и олефинов – товарного изомеризата. В состав комбинированной установки входят: изомеризация (PENEX), сплиттер нефти. Сплиттер нефти предназначен для разделения гидроочищенной фракции бензина с установки гидроочистки нефти на легкий и тяжелый бензин для последующего направления в качестве сырья для установок изомеризации и каталитического риформинга.

### Техническое описание

Использование блоков осушки водородсодержащего газа (далее – ВСГ) и сырья процессов изомеризации и гидрогенизационных процессов с периодическим переключением на регенерацию, что позволяет сократить металлоемкость установки, расходы материалов, реагентов, энергоресурсов и эксплуатационные расходы.

### Достигнутые экологические выгоды

Снижение отходов производства.

### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сокращение металлоемкости установки, расхода материалов, реагентов, энергоресурсов и эксплуатационных расходов.

### Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости процесса нефтепереработки. Повышение уровня культуры производства.

### Технические соображения, касающиеся применимости

Каких-либо ограничений в отношении применения не установлено.

### Экономика

Решение о применении конкретных типов устройств рассматривается индивидуально, достижение параметров качества продукции, установленных технологическим регламентом установки.

### Движущая сила внедрения

Позволяет оптимизировать технологический процесс и снизить металлоемкость установки, снизить расходы материалов, реагентов, энергоресурсов и эксплуатационные расходы.

НДТ 3. В целях повышения энергоэффективности процесса замедленного коксования

## Описание

Коксование – это термический крекинг тяжелого нефтяного сырья в более жестких условиях, при котором в качестве одного из продуктов получается твердый остаток – кокс. На установке замедленного коксования получают коксовые газы, бензиновую фракцию и коксовые (газойлевые) дистилляты.



## Техническое описание

Удаление газа отдувки с коксового барабана на газовый компрессор для использования его в качестве топливного газа вместо сжигания на факеле.

## Достигнутые экологические выгоды

Снижение потребления энергетических ресурсов. Нет дополнительных воздействий на окружающую среду.

## Экологические показатели и эксплуатационные данные

Технология не требует больших капитальных затрат

## Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства нефтепереработки. Повышение уровня культуры производства.

## Технические соображения, касающиеся применимости

Каких-либо ограничений в отношении применения не установлено.

## Экономика

Рекуперация коксового газа отдувки и использование его в качестве топливного газа НПЗ.

## Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : снижение потребления топливного газа нефтеперерабатывающего завода.

НДТ 4. В целях повышения энергоэффективности процесса нефтепереработки

## Описание

Использование технологий очистки всех горючих газовых сред нефтеперерабатывающих производств перед подачей в факельную систему для утилизации позволит не только снизить экологическую нагрузку окружающей среды, но и получить дополнительный продукт в виде соединений серы.

## Техническое описание

Технология аминовой очистки и доочистки отходящих газов, содержащих сероводород, с блоком регенерации амина. Подготовка нефтезаводских газов к переработке. Сероводород, образующийся при очистке, перерабатывают в элементарную серу или серную кислоту.

## Достигнутые экологические выгоды

Применение технологии позволяет снизить выбросы в атмосферу оксидов серы.

## Экологические показатели и эксплуатационные данные

Технология не требует значительных капитальных затрат, эксплуатационные затраты минимальны.

## Кросс-медиа эффекты

Снижение объемов сжигания сероводорода и повышение энергоэффективности производства с получением дополнительной продукции.

## Технические соображения, касающиеся применимости

Каких-либо ограничений в отношении применения не установлено.

Экономика

Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : получение дополнительной продукции НПЗ при минимальных эксплуатационных затратах; уменьшение выбросов сжигаемого на факелах газа; улучшение в конечном счете экологических показателей.

### **5.3.5. НДТ энергоэффективности в производстве электрической и тепловой энергии**

Технологические решения по увеличению эффективности комбинированного производства на крупных установках сжигания топлива

Анализ термодинамических циклов, лежащих в основе работы КЭС, ТЭЦ, ГТУ и ПГУ показывает, что на эффективность влияют начальные и конечные параметры теплоносителя. Так, например, чем выше температура начальная пара, тем выше термический КПД паротурбинных циклов Ренкина. Выбор начальных параметров пара связан с капитальными затратами на материалы, способные работать в таких условиях. В большей степени на КПД влияет конечная температура, которая зависит от температуры охлаждающей среды. Заданные на этапе проектирования начальные параметры пара в период эксплуатации практически не изменяются в то время, как давление в конденсаторе может изменяться в зависимости от условий охлаждения: в зимнее время температура охлаждающей среды ниже, чем в летний период. Соответственно вакуум в конденсаторе изменяется. Чем глубже вакуум, меньше давление в конденсаторе, тем больше перепад температур, срабатывающий в турбине, а , следовательно, выше термический КПД цикла. Наличие промежуточного перегрева пара увеличивает термический КПД, но усложняет тепловую схему установки. Промежуточный перегрев применяют на параметрах СКД на блоках 300 МВт и выше. На параметрах 13,8 МПа применяют на блоках 200 МВт. На установках с мощностью менее 200 МВт промежуточный перегрев не применяют.

Электрический КПД установок комбинированного производства электрической и тепловой энергии зависит от тепловой нагрузки. При 100 % теплофикационной выработке электрический КПД может при сжигании газа составить более 80 %. Такой схемы комбинированного производства можно добиться при равенстве расхода охлаждающей воды и расхода подпитки тепловой сети с конденсационными турбинами или в случае отпуска пара из противодавленческих турбин потребителям тепловой энергии. Однако из-за снижения потребления производственного пара таких ТЭЦ немного, в основном энергетике КР используются ТЭЦ отопительного типа, которые работают в зимний период в режиме комбинированного производства электрической и тепловой энергии, а в летнем режиме преобладает конденсационный режим.

Несмотря на сложности комбинированного производства, тем не менее имеются технологические решения по повышению эффективности. Они описаны в справочнике по НДТ “Сжигание топлива на крупных установках с целью производства энергии (проект)”.

В данном справочнике приведены НДТ, обеспечивающие повышение энергоэффективности (НДТ 1 – НДТ 17):

НДТ обеспечения энергоэффективности часто встречающихся видов деятельности, систем и процессов теплоснабжения на установках, подпадающих под действие комплексного подхода, охарактеризуются методами, описанными в разделе 5.2:

5.2.1. Сжигание топлива;

5.2.2. Паровые системы;

5.2.3. Утилизация тепла.

Ниже приведено более детальное описание одно из методов, дающих возможность утилизации тепла тепловых отходов, в первую очередь с низкой температурой – тепловые насосы.

Для теплонасосных установок могут быть использованы различные источники энергии: низкопотенциальные ВЭР в виде пара и горячей воды, обратная сетевая вода систем теплоснабжения, уходящие газы котлов и технологических агрегатов, сточные воды, морская и речная вода, грунт и грунтовые воды и т.д.

Наиболее эффективно теплонаносные установки (далее – ТНУ) применяются при замене водогрейных электрокотлов. Коэффициент трансформации энергии мощными ТНУ находится в диапазоне 2,5–5.

Тепловые насосы могут использоваться и в энергетике, например, для решения проблемы снижения эффективности работы парогазовых установок (далее – ПГУ) в летнее время (из-за падения мощности газотурбинной установки (далее – ГТУ) при высоких температурах наружного воздуха, поступающего в компрессор). Например, в системе охлаждения компрессорного воздуха можно использовать абсорбционный бромистолитиевый насос (далее – АБТН).

В теплый период года АБТН переводят в режим абсорбционной холодильной машины (далее – АБХМ), а в отопительный сезон – в режим теплового насоса. Насос работает за счет тепловой энергии, круглогодично отводимой от сжатого воздуха ( между ступенями компрессора).

При работе в режиме АБХМ это позволяет получить два тепловых потока: охлаждение воздуха на входе в компрессор и подогрев топливного газа, горячей воды летом. В зимнее время воздух на входе в компрессор нуждается не в охлаждении, а, напротив, в нагреве для предотвращения образования инея и наледи во входном патрубке. В результате работы по такой схеме относительная полезная мощность ГТУ увеличивается на 23 %, а относительный КПД – на 4,6 %.

Мощность и КПД установки при увеличении температуры атмосферного воздуха и включении АБХМ не только не снижаются, как это обычно наблюдается у всех ГТУ, а напротив, увеличиваются.

Кроме того, тепловые насосы можно эффективно использовать для отопления как производственных помещений, так и объектов за пределами предприятия, например, при размещении ТНУ на объектах и наличии низкопотенциального тепла. Такое решение позволяет не только утилизировать тепловые отходы, но и исключить или сократить затраты на создание и эксплуатацию дополнительных источников теплоснабжения. [29, 4.3.2]

Предлагаемые ниже некоторые примеры секторных НДТ энергоэффективности в производстве электрической и тепловой энергии подлежат применению с учетом особенностей предприятий данного сектора, отнесенных к объектам I категории.

Выбор НДТ осуществляется руководством предприятий и зависит от состава и характеристик оборудования, вида топлива, климатических условий и структуры электрических и тепловых нагрузок и тарифов. Приведенные примеры экономических расчетов подлежат корректировке для конкретных объектов и являются ориентировочными.

Список приведенных техник не является полным или исчерпывающим. При применении исходить из положений основного отраслевого справочника, без ущерба действию других требований.

Примечание. Информация общих НДТ не дублируется.

НДТ 1. В целях повышения энергоэффективности и сокращения расхода топлива производится оптимизация режимов работы конденсационных блоков

#### Описание

Оптимальное распределение электрической нагрузки между энергоблоками обеспечивает минимальный расход топлива на КЭС, соответственно, уменьшение затрат на топливо в себестоимости электроэнергии, выбросов загрязняющих веществ и складированных золошлаковых отходов (далее – ЗШО), и, как следствие, соответствующих экологических платежей.

#### Техническое описание

Крупные конденсационные блоки работают по диспетчерскому графику. В рамках заданного графика электрических нагрузок можно с помощью программного обеспечения распределить нагрузку между параллельно работающими блоками таким образом, чтобы расход топлива был минимальным. Для поддержания резерва в системе национальному диспетчерскому центру (далее – НДЦ) удобнее держать недогруженным на 150–170 МВт один блок мощностью 500 МВт, чем несколько мелких турбин на разных электростанциях. Но работа блока в недогруженном режиме увеличивает расход топлива, увеличиваются выбросы загрязняющих веществ. Крупные блоки оборудованы автоматизированной системой управления технологическим

процессом (далее – АСУТП), но без оптимизации по станции в целом. Программное обеспечение включает математическую модель конденсационного блока на основе энергетической характеристики турбины (К-200-130, К-300-240, К-500-240 и др.) с учетом поправочных коэффициентов, учитывающих техническое состояние, наработку, климатические условия и пр.

#### Достигнутые экологические выгоды

Сокращение расхода сжигаемого топлива приводит к сокращению выбросов загрязняющих веществ, складированию ЗШО и как следствие, к уменьшению экологических платежей.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Практически снижение расхода топлива пропорционально влияет на количество выбросов, кроме того:

снижается расход электроэнергии на собственные нужды;

для станций, использующих экибастузский уголь с высокой абразивностью золы, снижается износ конвективных поверхностей нагрева (абразивный износ зависит от скорости дымовых газов в третьей степени);

при снижении расхода топлива уменьшается объем, и соответственно скорость, подаваемого в топку воздуха и отходящих дымовых газов, что отражается на затратах на обслуживание и ремонт оборудования.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Повышение уровня конкурентоспособности электроэнергии.

#### Технические соображения, касающиеся применимости

В проекте предусматривалась информационно-вычислительная техника, регистрирующая параметры работы блока и рассчитывающая некоторые показатели. Затем внедрялись АСУ ТП блока, но полную оптимизацию КЭС только внедряют на ЭГРЭС-1 и 2.

#### Экономика

Затраты зависят от мощности энергоблоков, количества и мощности КЭС, уровня и наличия АСУ ТП, но по опыту внедрения в России (Рефтинская ГРЭС, Сургутская ГРЭС-1, Каширская ГРЭС и др.), оптимизация режимов КЭС окупается в пределах 0,5–1 года.

Разработка программного модуля для оптимизации режимов работы КЭС позволит минимизировать расход топлива и получить экономию топлива от 5 до 7% или в денежном выражении более 1 млрд тенге при затратах на модуль порядка 200 млн тенге (при наличии АСУ ТП блока). Учитывая, в РК на данный момент находится в эксплуатации десять блоков мощностью 500 МВт, восемь блоков мощностью 300 МВт и девять блоков мощностью 200 МВт, то ожидаемая суммарная экономия топлива (5 % ) получается 690 тыс. т.у.т.

## Движущая сила внедрения

Основными стимулами оптимизации режимов КЭС являются:

повышение энергоэффективности и снижение потребления ресурсов;  
снижение расхода топлива и себестоимости электроэнергии;  
улучшение экологических показателей.

НДТ 2. В целях повышения энергоэффективности и сокращения расхода топлива произвести оптимизацию режимов работы ТЭЦ за счет перераспределения тепловой нагрузки между турбинами

### Описание

Оптимальное распределение тепловой нагрузки между турбинами ТЭЦ разного типа и мощности позволит снизить в целом расход топлива на ТЭЦ.

### Техническое описание

В период отопительного сезона загрузка основного оборудования производится на основе режимных карт, вручную. На внедренной на некоторых ТЭЦ АСУТП нет модуля по оптимизации тепловой нагрузки между турбинами типа "ПТ" и "Т" или других типов. С учетом того, что энергетические характеристики турбин "ПТ" и "Т" принципиально отличаются, а удельные расходы тепла по значению практически несопоставимы, производственный отбор загружается в первую очередь на турбинах типа "Р", затем типа "ПТ". Теплофикационную нагрузку следует распределять в первую очередь между турбинами типа "Т", а затем только на турбины типа "ПТ". Программное обеспечение, учитывающее техническое состояние, температурный график тепловой сети, определяет, в каких соотношениях это должно производиться.

### Достигнутые экологические выгоды

Сокращение расхода сжигаемого топлива приводит к сокращению выбросов загрязняющих веществ, складированию ЗШО и, как следствие, к уменьшению экологических платежей.

### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сокращение расхода топлива пропорционально влияет на количество выбросов и ЗШО, кроме того:

снижается расход электроэнергии на собственные нужды;

в случае использования экибастузского угля с высокой абразивностью золы, снижается износ конвективных поверхностей нагрева (абразивный износ зависит от скорости дымовых газов в третьей степени);

при снижении расхода топлива уменьшается объем, и соответственно скорость подаваемого в топку воздуха и отходящих дымовых газов, что отражается на затратах на обслуживание и ремонт оборудования.

### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Повышение уровня конкурентоспособности электроэнергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Целесообразно внедрение оптимального распределения тепловой нагрузки между турбинами разного типа и мощности в первую очередь на крупных ТЭЦ, так как это позволит существенно уменьшить потребление топлива. На старых ТЭЦ с небольшой суммарной мощностью экономия топлива может быть менее значимой, что обусловлено в первую очередь низкой эффективностью оборудования.

Еще более значимой оптимизация тепловой нагрузки была бы в пределах крупного города, где теплоснабжение населения осуществляется несколькими ТЭЦ, как, например, в Караганде или Павлодаре, где в теплоснабжении города участвуют три ТЭЦ. Ранее работы по оптимизации тепловой нагрузки была проведена на ТЭЦ-1, 2 и 3 предприятия "Павлодарэнерго". Эффект по удельному расходу топлива по отпуску электрической энергии был за отопительный период до 20 г/кВт\*ч. Оптимизацию сложно или практически невозможно осуществлять в случае, когда предприятия находятся у разных собственников.

Применимость: на всех промышленно-отопительных ТЭЦ.

Экономика

Оптимальное перераспределение тепловой нагрузки между турбинами разного типа может дать экономию топлива за отопительный сезон в размере до 1 % от годового расхода топлива, что в с учетом сопутствующего уменьшения экологических платежей и дополнительной выработки электроэнергии даст экономический эффект порядка более 300 млн тенге при затратах на программный модуль около 200 млн тенге. Суммарная экономия топлива для действующих в РК на настоящий момент одиннадцать крупных ТЭЦ с общим расходом топлива более 1 млн тут достигать 1690 тыс. тут. Уменьшение сжигаемого топлива приведет к снижению выбросов пыли на 31,8 тыс. т; оксидов серы на 43,3 тыс. т, оксидов азота на 22,8 тыс. т, уменьшению складированных ЗШО на 1 213 тыс. т, образованию парниковых газов –на 4 039 тыс. т.

Движущая сила внедрения

Основными стимулами оптимального распределения тепловой нагрузки между турбинами разного типа и мощности ТЭЦ являются:

- повышение энергоэффективности и снижение потребления ресурсов;
- снижение расхода топлива и себестоимости электрической и тепловой энергии;
- улучшение экологических условий городов.

НДТ 3. В целях повышения энергоэффективности и сокращения расхода топлива произвести оптимизацию схемы регенерации конденсационных блоков за счет замены поверхностных подогреватели низкого давления на подогреватели смешивающего типа

Описание

Использование подогревателей смешивающего типа повышает тепловую экономичность энергоблока за счет отсутствия недогрева конденсата (нагрев осуществляется до температуры насыщения).

## Техническое описание

Зарубежом известна гравитационная схема подогревателей низкого давления (далее – ПНД) Парсонс, когда для сокращения числа конденсатных насосов первый ПНД устанавливается на отметке, превышающей давление во втором ПНД.

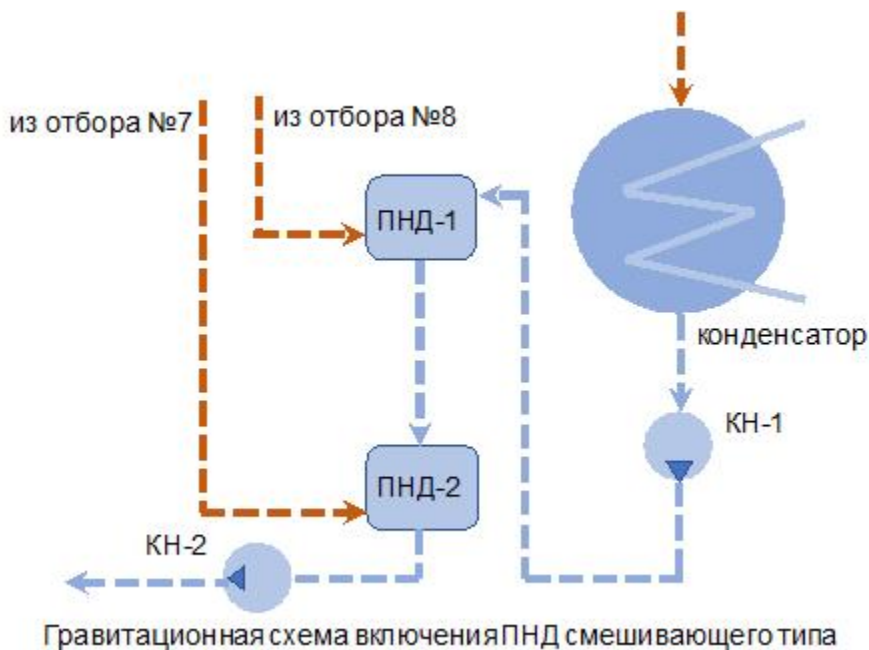


Рисунок 5.2. Гравитационная схема включения ПНД смешивающего типа

Из-за отсутствия поверхности нагрева основной конденсат может нагреваться до температуры насыщения, т.е. исключается величина недогрева до 5 градусов. Увеличение температуры основного конденсата увеличивает КПД регенеративного цикла. Единственным условием применения данной схемы является необходимость работы в базовой части электрического графика, нежелательны колебания параметров регенеративных отборов во избежания заброса воды в проточную часть турбины или из второго ПНД (нижнего) в первый ПНД (верхний).

### Достигнутые экологические выгоды

Достигнутое за счет применения описанной выше схемы сокращение расхода сжигаемого топлива приводит к сокращению выбросов загрязняющих веществ, уменьшению складирования ЗШО и, как следствие, к уменьшению экологических платежей.

### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сокращение расхода топлива пропорционально влияет на количество выбросов, кроме того:

снижается расход электроэнергии на собственные нужды;



в случае использования экибастузского угля с высокой абразивностью золы, снижается износ конвективных поверхностей нагрева (абразивный износ зависит от скорости дымовых газов в третьей степени);

при снижении расхода топлива уменьшается объем, и соответственно скорость подаваемого в топку воздуха и отходящих дымовых газов, что отражается на затратах на обслуживание и ремонт оборудования;

из-за отсутствия трубной системы снижаются затраты на ремонт ПНД.

Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Повышение уровня конкурентоспособности электроэнергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо на всех конденсационных блоках мощностью 200, 300 и 500 МВт при наличии свободного пространства. Применимо для базовых станций, однако при изменении электрической нагрузки происходит изменение давления пара в отборах, при снижении давления пара в ПНД возникает риск заброса воды в турбину.

Экономика

Годовая экономия топлива составит 6,7 тыс. т угля или 27 млн тенге на один блок. Стоимость двух ПНД и одного конденсатного насоса – порядка 60 тыс. долл. США. Срок окупаемости внедрения данной техники с учетом обменного курса 430 тенге/\$ и 60% затрат на монтаж составляет примерно 1,5 года, что делает внедрение технологии целесообразным. Суммарная экономия топлива для десяти блоков мощностью 500 МВт составит 67 тыс. т, что соответственно приведет к снижению выбросов пыли на 1,3 тыс. т, оксидов серы на 1,7 тыс. т, оксидов азота на 0,9 тыс. т; уменьшению складированных ЗШО на 48 тыс. т, уменьшению образования парниковых газов на 160 тыс. т.

Движущая сила внедрения

Основными стимулами внедрения ПНД смешивающего типа на блоках КЭС являются:

повышение энергоэффективности и снижение потребления ресурсов;

снижение расхода топлива и себестоимости электроэнергии;

улучшение экологических показателей.

НДТ 4. В целях повышения энергоэффективности и сокращения расхода топлива использовать пониженное давление теплофикационного отбора турбин Т-120-130 УТЗ

Описание

Использование пониженного давления теплофикационных отборов позволяет уменьшить коэффициент недовыработки отбора, увеличивая мощность теплофикационного отбора.

Техническое описание

В последние годы температурный график тепловой сети во всех городах РК скорректирован со срезкой на 130–95 °С в прямой магистрали. Однако фактические значения температуры сетевой воды на выходе из верхнего подогревателя сетевой воды (далее – ПСГ) с учетом теплых зим на всей территории РК не превышают 90 оС, а температура сетевой воды перед нижним ПСГ составляет порядка 50 оС. При этом давление в нижнем ПСГ держится на уровне 0,15 МПа. При таких значениях температуры можно давление в нижнем ПСГ держать на уровне 0,06 МПа (заводом-изготовителем допускается 0,05 МПа). Снижение давления в нижнем теплофикационном отборе дает дополнительную мощность в размере 0,93 МВт. Если допустить, что время работы турбины на повышенном давлении в течение всего отопительного периода только 120 суток, то дополнительная выработка составит более 13 млн кВт\*ч. на одну турбину.

#### Достигнутые экологические выгоды

При том же расходе топлива увеличивается выработка электроэнергии или при той же выработке электроэнергии уменьшается расход топлива. Сокращение расхода сжигаемого топлива приводит к сокращению выбросов загрязняющих веществ, уменьшению складирования ЗШО и, как следствие, к уменьшению экологических платежей.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

За счет повышения эффективности турбоустановки снижается расход топлива и выбросы загрязняющих веществ. При этом затраты, связанные с эксплуатацией оборудования, остаются практически неизменными.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Повышение уровня конкурентоспособности электроэнергии.

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость: только для турбин с регулируемым теплофикационным отбором. Для турбин типа Т-110/120-130, Т-50-90, ПТ-135/145-130/13, ПТ-80/100-130/13.

#### Экономика

Только две из имеющихся на настоящий момент одиннадцать турбин такого типа расположены на юге страны. Остальные девять турбин могут без каких-либо дополнительных затрат получить дополнительную выработку электроэнергии более 120 млн кВт\*ч или экономию топлива 36 тыс.тут. Прирост мощности для одной турбины типа Т-100-130 составит порядка 0,9 МВт за отопительный сезон.

#### Движущая сила внедрения

Отсутствует материальная заинтересованность эксплуатационного персонала в экономии топлива и собственных нужд.

НДТ 5. В целях повышения энергоэффективности и увеличения полезного отпуска электроэнергии произвести замену электропривода питательных насосов на паротурбинный

#### Описание

Замена электропривода питательных насосов предлагается паротурбинным приводом.

#### Техническое описание

Эффективность паротурбинного привода по сравнению электроприводом всегда выше, так как используемая электроэнергия производится с КПД менее 40%, а турбопривод преобразует ту же мощность с КПД почти 80%. Однако из-за высокой стоимости приводной турбины и низкого тарифа на электроэнергию он пока не нашел применения на установках мощностью менее 300 МВт. Применение данной техники зависит от отпускного тарифа на электроэнергию.

На крупных ТЭЦ с КА типа Е-420 (480, 500) -140 установлены питательные электрические насосы (далее – ПЭН) типа ПЭ-500-180 и ПЭ-580-185, потребляющие в течение года порядка 20 млн кВтч электроэнергии каждый. Учитывая, что таких насосов может быть от 5 до 9, то суммарное потребление электроэнергии может составить от 100–180 млн кВтч, что при среднем тарифе 8 тенге/кВтч может составить от 800 до 1 440 млн тенге недополученной экономии.

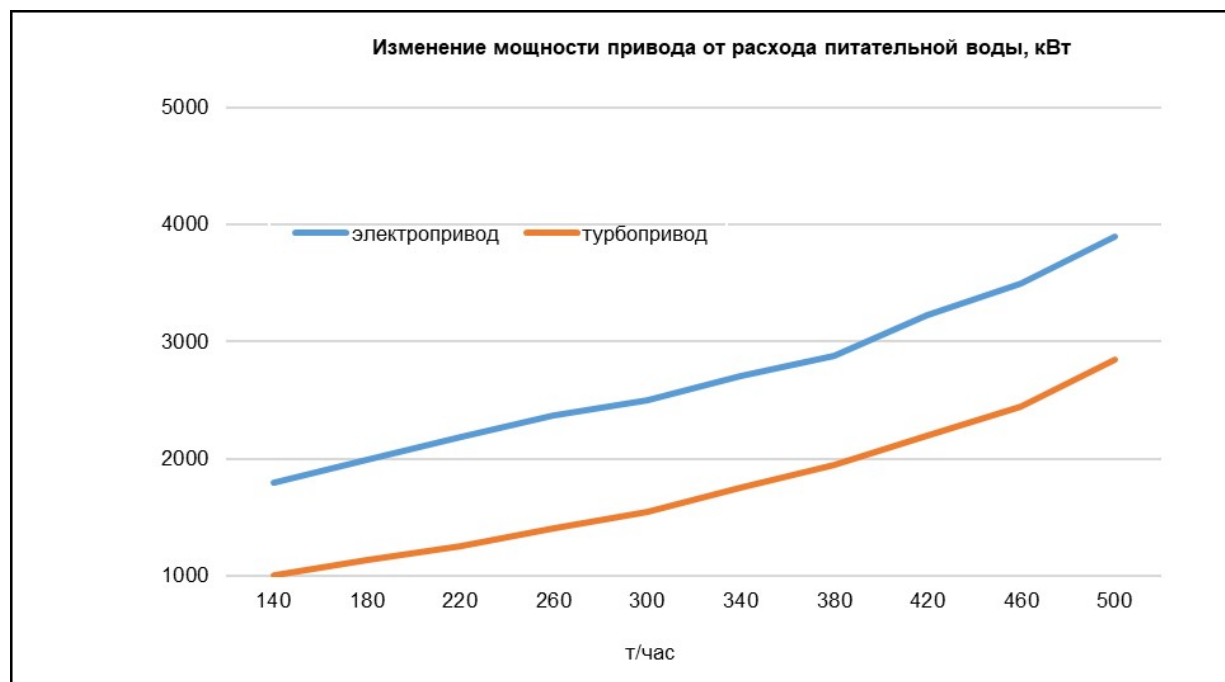


Рисунок 5.3. Изменения мощности привода от расхода питательной воды, кВт

В РФ более одиннадцати ТЭЦ произвели описанную выше замену приводов питательных насосов. Замена электропривода на турбинный в Казахстане на настоящий момент производится на ТЭЦ АО "Алюминий Казахстана". В качестве приводной

турбины выбрана противодавленческая типа P-3,7-1,4/0,15, рабочий пар из коллектора производственного отбора 1,3–1,6 МПа, а выхлоп в теплофикационный коллектор 0,12–0,25 МПа. Паротурбинный привод имеет лучшие характеристики регулирования производительности питательного насоса, чем гидромурфта или частотный преобразователь. Затраты на замену одного привода – 1,35 млн долл. США. Срок окупаемости инвестиции – 3,6 года.

#### Достигнутые экологические выгоды

При том же объеме отпускаемой электроэнергии уменьшается расход топлива на 50–70 тыс. тонн экибастузского угля для одной крупной ТЭЦ, что эквивалентно снижению выбросов оксидов азота на 380–530 т/г, окислов серы на 730–1 000 т/г, пыли на 530–740 т/г, складирования ЗШО на 20–28 тыс. т/г.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сокращение расхода топлива пропорционально влияет на количество выбросов, кроме того:

снижается расход электроэнергии на собственные нужды,

в случае использования экибастузского угля с высокой абразивностью золы, снижается износ конвективных поверхностей нагрева (абразивный износ зависит от скорости дымовых газов в третьей степени),

при снижении расхода топлива уменьшается объем, и соответственно скорость подаваемого в топку воздуха и отходящих дымовых газов, что отражается на затратах на обслуживание и ремонт оборудования.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Повышение уровня конкурентоспособности электроэнергии.

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Электрические питательные насосы установлены на конденсационных блоках мощностью 200 МВт, но из-за большой наработки оборудования производить замену нецелесообразно, да и компоновка главного корпуса не позволяет установить приводную турбину. Для крупных ТЭЦ с насосами производительностью более 500 т/ч такая замена возможна при наличии свободного пространства.

#### Экономика

На 7 крупнейших ТЭЦ установлены более 40 ПЭН производительностью 500–580 т/ч. Замена электропривода на турбинный на десяти из них может дать суммарное энергосбережение более 1 млрд кВт\*ч.

#### Движущая сила внедрения

Основными стимулами замены электропривода питательных насосов на паротурбинный являются:

- повышение энергоэффективности и снижение потребления ресурсов;
- использование пара производственных отборов и противодавления;

снижение расхода топлива и себестоимости электроэнергии;

улучшение экологических показателей.

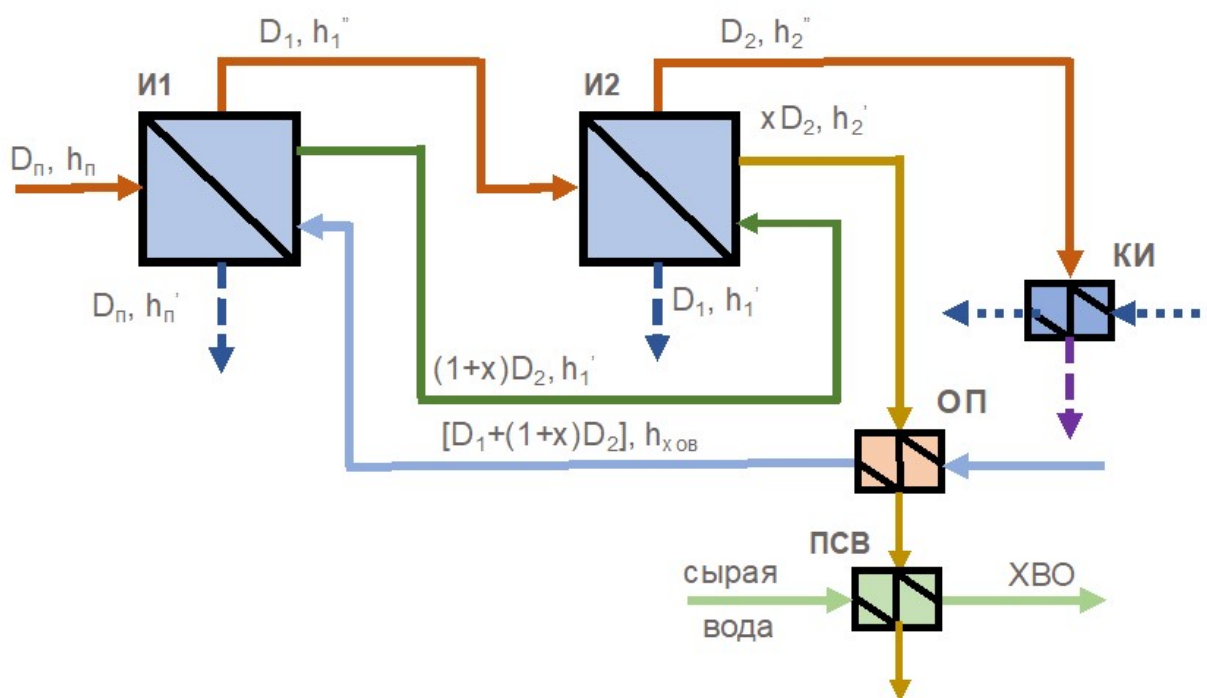
НДТ 6. В целях повышения энергоэффективности и увеличения полезного отпуска электроэнергии использовать испарительные установки для подготовки воды

Описание

Термический способ подготовки воды позволяет сократить затраты на химические реагенты и ионообменные смолы.

Техническое описание

На многих ТЭС используется ионообменная технология подготовки воды, при этом расходуются ионообменные смолы, которые являются импортной продукцией. На некоторых ТЭС применяется технология обратного осмоса, обслуживание которой обходится недешево.



**Двухступенчатая последовательная ИУ**

Рисунок 5.4. Двухступенчатая последовательная ИУ (испарительная установка)

Предлагаемая технология используется на трех ТЭС РК. Она не требует затрат на реагенты и катриджи обратного осмоса. Исходная вода после предварительной механической очистки и подогрева в охладителе продувки поступает во вторичный контур I ступени, затем в виде продувки поступает во вторичный контур II ступени, где греющей средой является вторичный пар из I ступени. Продувочная вода из II ступени через охладитель продувки (далее – ОП) и подогреватель сетевой воды (далее – ПСВ) сбрасывается в канал гидрозолаудаления (далее – ГЗУ). В качестве греющей среды используется пар производственных отборов, нагрузка которых снижается из-за

отсутствия потребителей. Для примера: ТЭЦ с параметрами 140 кг/см<sup>2</sup>, величина подпитки основного цикла 200 т/ч, используется двухступенчатая испарительная установка с последовательной схемой. Количество греющего пара 100 т/ч.

#### Достигнутые экологические выгоды

При одинаковом объеме отпускаемой электроэнергии, уменьшается расход топлива на 130–170 тыс. тонн экибастузского угля для одной крупной ТЭЦ, что эквивалентно снижению выбросов оксидов азота на 1 000–1 300 т/г, оксидов серы на 1800–2300 т/г, пыли на 1 300–1 700 т/г, складирования ЗШО на 50–68 тыс. т/г.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сокращение расхода топлива пропорционально влияет на количество выбросов, кроме того:

снижается расход электроэнергии на собственные нужды;

в случае использования экибастузского угля с высокой абразивностью золы, снижается износ конвективных поверхностей нагрева (абразивный износ зависит от скорости дымовых газов в третьей степени);

при снижении расхода топлива уменьшается объем, и соответственно скорость подаваемого в топку воздуха и отходящих дымовых газов, что отражается на затратах на обслуживание и ремонт оборудования.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Повышение уровня конкурентоспособности электроэнергии.

Отсутствие кислотного хозяйства, отпадает необходимость получение разрешения на оборот прекурсоров.

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость определяется качеством исходной воды, производительности водоподготовки, параметров пара, наличием отборов пара давлением 10–16 кг/см<sup>2</sup> и свободного пространства для размещения испарительной установки. Для ТЭС, где производится пар со сверхкритическими параметрами (далее – СКД), целесообразно применять обратный осмос.

#### Экономика

Примерная стоимость двух испарительных установок – 2 млрд тенге. Суммарный экономический эффект от внедрения описанной техники может составлять 2,2 млрд тенге и достигается за счет экономии затрат на реагенты (порядка 800 млн тенге), а также выручки от реализации дополнительной выработки электроэнергии паром производственных отборов порядка 200 млн кВт\*ч, что при тарифе 7 тенге/кВтч (порядка 1 200 млнтенге). Срок окупаемости – менее 1 года. При установке испарительных установок на пяти ТЭЦ суммарная дополнительная выработка электроэнергии может составить 800 млн кВтч, экономия затрат на реагенты – около 3 млрд тенге.

## Движущая сила внедрения

Экономия затрат на водоподготовку является стимулом использования испарительной установки для водоподготовки.

НДТ 7. В целях повышения энергоэффективности и увеличения полезного отпуска электроэнергии произвести перевод ПВД на работу от общестанционного коллектора давлением 10–16 кг/см<sup>2</sup>

### Описание

Использование пара производственных отборов и противодействия для подогрева питательной воды в групповом подогревателе высокого давления (далее – ПВД).

### Техническое описание

Одним из вариантов повышения эффективности ТЭЦ при отсутствии потребителей производственного пара (10–16 кг/см<sup>2</sup>) является использование пара для группового ПВД. Несмотря на снижение температуры питательной воды, в целом выработка электроэнергии увеличивается за счет загрузки производственных отборов и противодействия, при этом улучшаются эксплуатационные показатели.

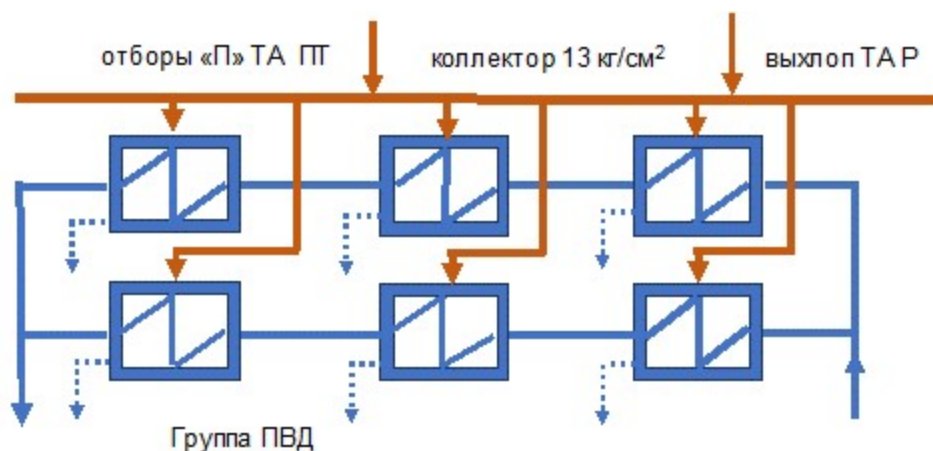


Рисунок 5.5. Схема использования пара для группового ПВД

Из-за снижения потребления пара производственных отборов на некоторых ТЭЦ с турбинами типа "ПТ" и "Р" снижена нагрузка или они вовсе простаивают. При этом происходит снижение тепловой экономичности со всеми вытекающими последствиями. Предлагается перевести работу ПВД от пара общестанционного коллектора 10–16 кг/см<sup>2</sup>. При этом в зависимости от состава оборудования происходит снижение температуры питательной воды с 215–230 оС до 180–190 оС, что приводит к перерасходу топлива. С другой стороны, увеличивается выработка электроэнергии за счет загрузки отборов "П" и использования противодействия турбины типа "Р".

### Достигнутые экологические выгоды

Для примера: ТЭЦ с турбиной ПТ-65/75-130/13 или ПТ-80/100-130/13 и Р-50-130/13 может дополнительно выработать около 200млнкВтч электроэнергии, или при той же

выработке электроэнергии экономия расхода топлива составит 100 тыс. тонн экибастузского угля, что эквивалентно сокращению оксидов азота на 770 т/г, оксидов серы на 1 500 т/г, пыли на 1 000 т/г, складирования ЗШО на 40 тыс. т/г.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

За счет загрузки производственных отборов и противодействия турбин типа ПТ и Р: улучшаются показатели работы ТЭЦ в целом;

уменьшается расход топлива;

пропорционально сокращаются выбросы загрязняющих веществ;

снижается расход электроэнергии на собственные нужды;

в случае использования экибастузского угля с высокой абразивностью золы, снижается износ конвективных поверхностей нагрева (абразивный износ зависит от скорости дымовых газов в третьей степени);

при снижении расхода топлива уменьшается объем, и соответственно скорость подаваемого в топку воздуха и отходящих дымовых газов, что отражается на затратах на обслуживание и ремонт оборудования.

Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Повышение уровня конкурентоспособности электроэнергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо для ТЭЦ с турбинами типа "ПТ" и "Р" и при отсутствии потребителей производственного пара.

Экономика

Экономический эффект составит 1 050 млн тенге (при тарифе 7 тенге/кВт\*ч). При затратах на реконструкцию трубопроводов пара и воды в 500 млн тенге срок окупаемости составит полгода. При внедрении такой схемы на 4 ТЭЦ суммарная выработки электроэнергии может составить 700 млн кВтч, или при той же выработке электроэнергии экономия расхода топлива составит 100 тыс. т.у.т.

Движущая сила внедрения

Реальным стимулом повышения эффективности ТЭЦ при сокращении потребителей производственных отборов является загрузка их за счет перевода группы ПВД на работу от коллектора производственного пара.

НДТ 8. В целях повышения энергоэффективности и увеличения полезного отпуска электроэнергии произвести реконструкция турбин К-500-240 с увеличением мощности до 525–530 МВт

Описание

Реконструкция турбины К-500-240 с увеличением мощности необходима для восстановления работоспособности и продления паркового ресурса турбин (100 тыс. час), отработавших более 200 тыс. час.

Техническое описание



Всего в Казахстане десять турбин такого типа, из них три турбины изготовлены Харьковским турбогенераторным заводом (ХТГЗ, в настоящее время ПАТ "Турбоатом и семь турбин Ленинградского металлического завода (ЛМЗ).

Из существующих восьми блоков ЭГРЭС-1 два блока (№ 2 и № 8) восстановлены с увеличением мощности до 525 МВт. Блок №1 находится на данный момент в стадии восстановления. На остальных возможна реконструкция в тех же габаритах с изменением парораспределения и степени реактивности ступеней с увеличением мощности и улучшением экономичности проточной части. Поэтапная реконструкция турбин позволит повысить КПД установок и сократить удельный расход топлива до 345–350 г/кВт\*ч.

#### Достигнутые экологические выгоды

Реконструкция турбины К-500-240 с увеличением мощности на 25 МВт позволит уменьшить выбросы оксидов азота на 170–180 т/г, оксидов серы 330– 345 т/г, пыли на 240–250 т/г, складирование ЗШО на 9 400–9 500 т/г в перерасчете на один блок.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Реконструкция турбины позволит улучшить экологическую обстановку по выбросам в атмосферу и уменьшить складирование ЗШО на золоотвале. Уменьшение расхода топлива приведет к снижению расхода электроэнергии на собственные нужды.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Повышение уровня конкурентоспособности электроэнергии.

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо только для блоков 500 МВт ЭГРЭС-1 и 2.

#### Экономика

Реконструкция окупится в пределах 8–10 лет. При реконструкции пять турбин К-500-240 суммарная выработка электроэнергии может увеличиться на 700–800 млн кВт\*ч.

#### Движущая сила внедрения

В случае перехода РК к углеродной нейтральности (далее – УН) к 2050- 2060 гг. реконструкция блоков ст.№3, 4, 5, 6 и 7 может быть приостановлена.

НДТ 9. В целях повышения энергоэффективности и увеличения полезного отпуска электроэнергии произвести реконструкцию турбины ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

#### Описание

Типовой проект Всероссийского теплотехнического института (далее –ВТИ) реконструкции турбины ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ с увеличением электрической мощности до 110 МВт и тепловой до 168 Гкал/ч предназначен для отработавших свой парковый ресурс турбин (220 тыс. час) и восстановления работоспособности турбины в существующем фундаменте.

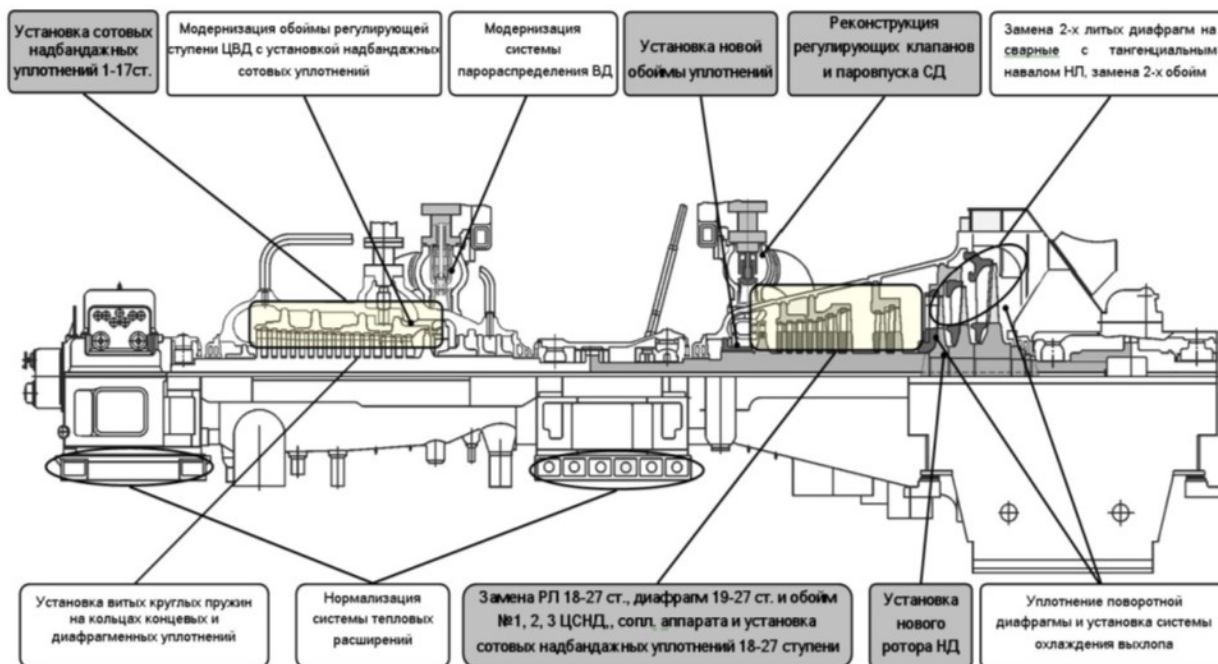


Рисунок 5.6. Схема реконструкции турбины ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

#### Техническое описание

Реконструкция турбины ПТ-80/100-130/13 с увеличением электрической мощности на 20 МВт и тепловой мощности на 62 Гкал/ч позволит увеличить выработку электроэнергии и увеличить теплофикационную мощность за счет снижения мощности производственного отбора, что особенно актуально в условиях снижения отпуска пара на производство.

При реконструкции заменяется проточная часть среднего давления с изготовлением нового ротора низкого давления для увеличения пропускной способности части среднего давления до 383 т/ч. При расходе пара на турбину со следующими параметрами: 470 т/ч, мощность 100 МВт, производственный отбор 60 т/ч, теплофикационный отбор 130 Гкал/ч, дополнительная выработка электроэнергии без изменений тепловой схемы составит до 150 млн кВт\*ч. Объем реконструкции включает :

- реконструкцию цилиндра высокого давления (далее – ЦВД);
- реконструкцию ротора низкого давления (далее – РНД);
- конструктивные решения по цилиндру низкого давления (далее – ЦНД);
- реконструкцию перепускных труб ЦВД-ЦНД.

#### Достигнутые экологические выгоды

За счет реконструкции улучшаются показатели работы турбины, снижающие расход топлива в зависимости от расположения ТЭЦ и структуры тепловых нагрузок на 1 800–2 000 туг/г, что эквивалентно снижению выбросов оксидов азота на 23–30 т/г, оксидов серы на 40–50 т/г, пыли на 30–36 т/г, складирования ЗШО на 1,2–1,3 тыс. т/г в перерасчете на одну турбину.

## Экологические показатели и эксплуатационные данные

Реконструкция турбины позволит улучшить экологическую обстановку по выбросам в атмосферу и уменьшить складирование ЗШО на золоотвале. Уменьшение расхода топлива приводит к снижению расхода электроэнергии на собственные нужды.

### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Повышение уровня конкурентоспособности электроэнергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо только для турбин ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ.

### Экономика

Затраты на реконструкцию – 20 млн долл. США на один турбоагрегат. Срок окупаемости – около 8 лет. Суммарная выработка электроэнергии при реконструкции восьми турбин в РК из десяти может увеличиться на 1 млрд кВт\*ч.

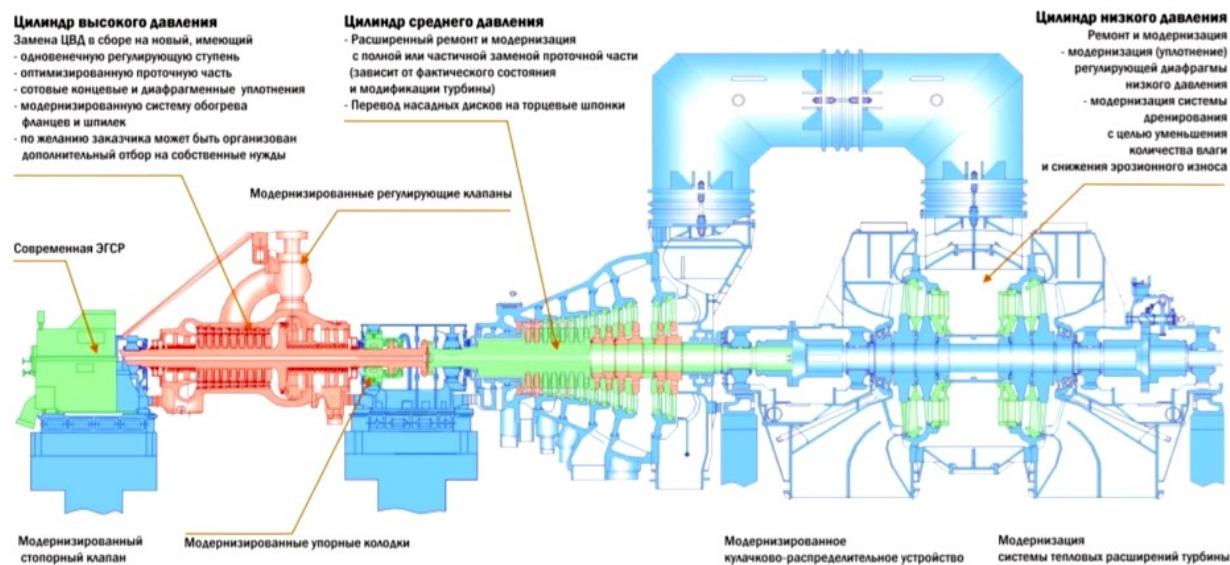
### Движущая сила внедрения

Повышение эффективности ТЭЦ в условиях снижения отпуска производственного пара и продление паркового ресурса турбины в существующих габаритах.

НДТ 10. В целях повышения энергоэффективности и увеличения полезного отпуска электроэнергии произвести реконструкция ТА типа Т-100/110-130 с увеличением мощности до 125-130 МВт

### Описание

Проект Уральского турбинного завода (далее – УТЗ) реконструкции турбины Т-100-130 с увеличением электрической мощности до 120–130 МВт и теплофикационных отборов до 188–197 Гкал/ч, предназначен для отработавших свой парковый ресурс турбин (220 тыс. час) и восстановления работоспособности турбины в существующем фундаменте.



## Рисунок 5.7. Схема реконструкции турбины Т-100-130

### Техническое описание

Описываемая реконструкция проведена на турбоагрегате ТЭЦ-3 "АО Павлодарэнерго". При сохранении корпуса ЦВД заменяется проточная часть с увеличением пропускной способности до 505/530 т/ч и увеличением теплофикационных отборов до 188–197 Гкал/ч. Увеличение КПД проточной части на 3,5–6 % достигается за счет замены надбандажных уплотнений на сотовые и замены двухвенечной регулирующей ступени на одновенечную. Дополнительная выработка электроэнергии более 170 млн кВт\*ч на один турбоагрегат.

### Достигнутые экологические выгоды

За счет реконструкции улучшаются показатели работы турбины, снижающие расход топлива в зависимости от расположения ТЭЦ и структуры тепловых нагрузок на 2 600–2 800 туг/г, что эквивалентно снижению выбросов оксидов азота на 30–35 т/г, оксидов серы 60–70 т/г, пыли на 40–50 т/г, уменьшению складирования ЗШО на 1,7–1,9 тыс. т/г в перерасчете на одну турбину.

### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Реконструкция турбины позволит улучшить экологическую обстановку по выбросам в атмосферу и уменьшить складирование ЗШО на золоотвале. Уменьшение расхода топлива приводит к снижению расхода электроэнергии на собственные нужды.

### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Повышение уровня конкурентоспособности электроэнергии.

### Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо только для турбин Т-100-130.

### Экономика

Затраты на реконструкцию – 23 млн долл. США на один турбоагрегат. Срок окупаемости около 8,5 лет. Суммарная выработка электроэнергии при реконструкции восьми турбин в РК из одиннадцати может увеличиться на 1,3 млрд кВт\*ч.

### Движущая сила внедрения

Повышение эффективности ТЭЦ в условиях снижения отпуска производственного пара и продление паркового ресурса турбины в существующих габаритах.

НДТ 11. В целях повышения энергоэффективности и увеличения полезного отпуска электроэнергии установить турбины "мятого пара" К-17-0,16 УТЗ для загрузки теплофикационных отборов

### Описание

Использование в летний период турбин "мятого пара" для производства электроэнергии на паре теплофикационных отборов.

### Техническое описание

В летний период теплофикационные турбины из-за уменьшения нагрузки вынуждены переходить в конденсационный режим или выводиться в резерв или ремонт. На ТЭЦ АО "ССГПО" для использования пара 1,2 кг/см<sup>2</sup> установлены две турбины "мятого пара" типа К-17-0,16 УТЗ.

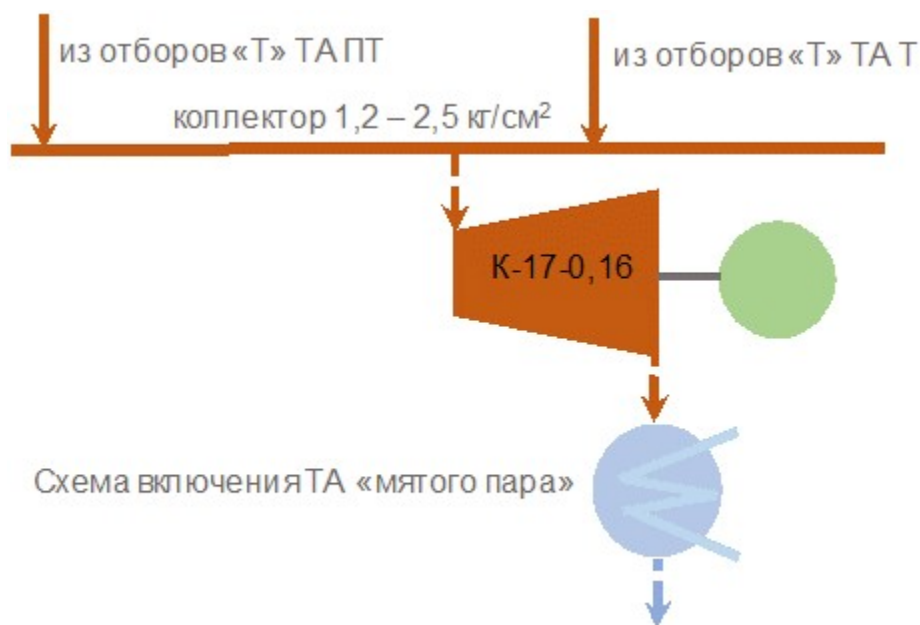


Рисунок 5.8. Схема включения ТА "мятого пара"

Загрузка теплофикационного отбора положительно сказывается на показателях турбины "Т", удельный расход тепла уменьшается, соответственно сокращается расход топлива.

#### Достигнутые экологические выгоды

За счет загрузки теплофикационных отборов при установке двух турбин, показатели работы теплофикационных турбин улучшаются по сравнению с конденсационным режимом: снижается расход топлива в зависимости от расположения ТЭЦ и структуры тепловых нагрузок на 100-140 тыс.т.у.т./г, что эквивалентно снижению выбросов оксидов азота на 1 350-1 890 т/г, окислов серы 2 560-3 580 т/г, пыли на 1 880-2 630 т/г, складирование ЗШО на 72-100 тыс. т/г в перерасчете на две турбины.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Установка турбин "мятого пара" позволит улучшить экологическую обстановку по выбросам в атмосферу и уменьшить складирование ЗШО на золоотвале. Уменьшение расхода топлива приводит к снижению расхода электроэнергии на собственные нужды.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Повышение уровня конкурентоспособности электроэнергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо на всех ТЭС при наличии свободного пара 1,2–2,5 кг/см<sup>2</sup>.

Экономика

Дополнительный отпуск электроэнергии с шин при работе двух турбоагрегатов "мятого пара" в летний период (3 900 часов) может составить 115 млн кВт\*ч (без учета основных турбоагрегатов), в денежном выражении до 800 млн тенге. Экономия топлива по сравнению с конденсационным режимом может составить 100–140 тыс. т. у. т. Итоговый экономический эффект составит 1 500 млн тенге, срок окупаемости – 7 лет. Суммарная дополнительная выработка электроэнергии при установке десяти турбин "мятого пара" из восемнадцати возможных может составить около 1 млрд кВт\*ч.

Движущая сила внедрения

Повышение эффективности ТЭЦ в условиях летнего периода при снижении тепловых нагрузок.

НДТ 12. В целях сокращения расхода мазута при растопках и стабилизации горения пылеугольных котлов использовать ультратонкий помол угля

Описание

Использование при растопках котла угольную пыль ультратонкого помола вместо дорогостоящего мазута.

Техническое описание

Растопка котельного агрегата производится с помощью растопочного топлива, как правило, им является мазут. Количество растопок в зависимости от режимов работы и технического состояния оборудования исчисляется десятками; расходы мазута в целом по РК составляют порядка 240 тыс. тонн в год. Учитывая, что стоимость мазута за последние пять лет увеличилась почти вдвое и составила 89 тыс. тенге/т, то общие затраты на мазут превышают 20 млрд тенге/год. На ЭГРЭС-2 опробована технология использования ультратонкого размола экибастузского угля (тонина помола менее 20 мкм). Обеспечение ультратонкого размола возможно двумя путями:

установить дополнительную мельницу тонкого размола;

реконструировать имеющиеся мельницы, с установкой системы уплотнения створок сепаратора, исключая забивание угольной пылью.

Достигнутые экологические выгоды

Из-за отсутствия методики расчетов выбросов при растопках котлов невозможно сравнить выбросы, образующиеся при растопке на мазуте и ультратонкой угольной пыли. По нормативам при растопке котла 420 т/ч расход мазута составляет 45 тонн. Исходя из теплового баланса, угольной пыли расходуется в два раза больше, следовательно, и выбросов образуется больше.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Экологические показатели ухудшаются на период растопки. Эксплуатационные показатели не зависят от растопочного топлива.

## Кросс-медиа эффекты

Снижаются затраты на мазутное хозяйство: приемка, слив, хранение, подогрев, перекачка мазута, снижаются расходы электроэнергии и тепла на собственные нужды.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо для всех пылеугольных котлов без ограничений, при условии размещения дополнительной мельницы ультратонкого помола и бункера запаса пыли.

Экономика

Экономии расхода мазута может составить 10–20%, что при расходе мазута 3 тыс. т составит 450 тонн или экономию затрат на мазут 40 млн тенге. Учитывая затраты на мельницу ультратонкого помола производительностью 10 т/ч, 50 млн тенге, срок окупаемости составит 1 год и 3 месяца, а с учетом сокращения механического недожога срок окупаемости может быть и менее года. При общем расходе мазута более 344 тыс. т.у.т даже 10%-я экономия даст экономию 34 тыс. тут.

Движущая сила внедрения

Снижение затрат на растопочный мазут, снижение себестоимости электрической и тепловой энергии.

НДТ 13. В целях повышения энергоэффективности турбоустановок и сокращения расхода топлива провести модернизацию проточной части паровых турбин с применением сотовых уплотнений

Описание

Применение сотовых уплотнений в паровых турбинах для уменьшения утечек и повышения внутреннего относительного КПД турбины.



Рисунок 5.9. Сотовые уплотнения в паровых турбинах

Техническое описание

Сотовые уплотнения позволяют сократить радиальный зазор до минимально возможных значений, в результате чего внутренний относительный КПД

увеличивается на 3–4%. Сварные сотовые уплотнения изготавливаются из фольги жаропрочных сплавов хрома, никеля, алюминия, титана, меди толщиной 0,05 мм с ячейками 0,9–2,5 мм. Единственный производитель в России – компания АО "Ротек", куда входит УТЗ. Срок изготовления – 3 месяца, срок монтажа – 1,5 месяца. Срок службы уплотнений 10 лет. Ожидаемое увеличение внутреннего относительного КПД турбоагрегата типа Т-100-130 составит 2,5%, прирост полезного теплоперепада – 4,5%. Уменьшение расхода топлива на 2 000 т/г. При затратах 17,2 млн тенге (на одну турбину необходимо 200 м сотовых лент на надбандажные уплотнения и 200 м на концевые, при общей стоимости 100 \$/м с монтажом) срок окупаемости составит 1,6 года. Для турбин меньшей мощности срок окупаемости соответственно будет меньше.

#### Достигнутые экологические выгоды

По сравнению с конденсационным режимом показатели работы теплофикационных турбин (при установке двух турбин) за счет загрузки теплофикационных отборов улучшаются: расход топлива в зависимости от расположения ТЭЦ и структуры тепловых нагрузок снижается на 2 000 т/г, что эквивалентно снижению выбросов оксидов азота на 27 т/г, оксидов серы 51 т/г, пыли на 37 т/г, уменьшению складирования ЗШО на 1 400 т/г в перерасчете на одну турбину.

Суммарное уменьшение расхода топлива при замене уплотнений на двадцати пяти турбинах из шестидесяти трех (мощностью 50 МВт и более) составит 25 тыс.т.у.т. [<https://zaorotec.ru>].

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Улучшение экологической обстановки в городах, где расположены ТЭЦ, увеличение КПД по производству электрической энергии, сокращение расхода топлива

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Снижение расхода топлива и расхода электроэнергии на собственные нужды.

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Целесообразно для турбин электрической мощностью 50 МВт и более.

#### Экономика

При затратах 17,2 млн тенге (на одну турбину необходимо 200 м сотовых лент на надбандажные уплотнения и 200 м на концевые, при общей стоимости 100 \$/м с монтажом) срок окупаемости составит 1,6 лет. Для турбин меньшей мощности срок окупаемости соответственно будет меньше.

#### Движущая сила внедрения

Снижение себестоимости электроэнергии. Повышение конкурентоспособности электроэнергии.

НДТ 14. В целях повышения эффективности работы центробежных насосов за счет гидрофобных покрытий



## Описание

Использование полимерных покрытий для уменьшения трения внутри корпусов насосов.



Рисунок 5.10. Гидрофобное покрытие для уменьшения трения внутри корпусов насосов

### Техническое описание

Насосы потребляют 5–10% от вырабатываемой электроэнергии ТЭЦ. Покрытие гидрофобной пленкой поверхности рабочих колес улучшают рабочие характеристики насосов. Наиболее подходящим материалом является суспензия фторопласта-4д, обладающая химической стойкостью практически ко всем агрессивным веществам. При выборе материала покрытия должны учитываться следующие критерии:

адгезия, которая зависит от способа подготовки поверхности и влияет на качество сцепления материала с поверхностью;

термостойкость, сухая и мокрая; определяется температурой, при которой полимерное покрытие разрушается, сухая – без влаги, мокрая – при погружении в жидкость;

температура тепловой деформации, при которой материал покрытия начинает размягчаться; при снижении температуры ниже тепловой деформации материал восстанавливает свою жесткость и возвращается в первоначальный вид;

сопротивление истиранию, способность сохранять исходную массу при истирании абразивным материалом; для определения параметра используется метод Табера;

устойчивость к коррозии; проверяется в кабинете солевого тумана с различными агрессивными средами;

устойчивость к выветриванию; проверяется в испытательной камере с моделированием воздействия внешних условий.

Затраты на гидрофобное покрытие для насоса производительностью 1 200 м<sup>3</sup>/ч, напором 46 м вод.ст., мощностью 230 кВт и КПД 78% составляют 473 тыс. тенге. Нанесение покрытия может дать увеличение КПД на 3 % и годовую экономию электроэнергии на 115 тыс. кВт\*ч или 805 тыс. тенге при тарифе 7 тенге/кВтч. Срок окупаемости без учета сокращения затрат на ремонт насоса составит 7 месяцев.

Алматинская компания ТОО "CORROCOAT CASPIAN" для повышения КПД в насосах использует двухслойную технологию, где первый слой выполнен "Correrglass 600", финишный слой – "Fluiglide".

Достигнутые экологические выгоды

Прямых экологических выгод нет, при одинаковом отпуске объема электроэнергии сокращается ее расход на собственные нужды (на привод насосов), уменьшается расход топлива, соответственно сокращаются выбросы в атмосферу и складирование ЗШО на золоотвале. Конкретные значения рассчитываются при обработке определенных насосов на конкретной ТЭЦ.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Использование гидрофобных покрытий насосов приводит к снижению расхода электроэнергии на их привод, соответственно уменьшается расход топлива, выбросы и складированные отходы, увеличивается полезный отпуск электроэнергии.

Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Снижение расхода топлива и расхода электроэнергии на собственные нужды.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо для всех насосов.

Экономика

После двухслойной обработки насоса мощностью 810 кВт, производительностью 3709 м<sup>3</sup>/ч и напором 63,4 м вод.ст., КПД–80 %, потребляемая мощность насоса снизилась до 740,98 кВт, а КПД насоса вырос до 86,43%. При этом производительность и напор насоса не изменились. Общее количество насосов, используемых на ТЭС РК, превышает 10 000 шт., из них наиболее крупные (100 кВт и более) около 1 500 единиц. Суммарная экономия электроэнергии на собственные нужды при обработке полимерным покрытием даже половины насосов составит порядка 90 млн кВт\*ч.

Движущая сила внедрения

Снижение расхода электроэнергии на собственные нужды, увеличение полезного отпуска электроэнергии.

НДТ 15. В целях повышения энергоэффективности котельных агрегатов и сокращения расхода топлива внедрить систему автоматизации процессов горения на котлах производительностью 160 т/ч и выше

#### Описание

Система автоматизации процесса горения обеспечивает контроль и регулирование соотношений: воздух-топливо-NOx-R90-паровая нагрузка с одновременной минимизацией расхода топлива.

#### Техническое описание

Ведение режимов в соответствии с режимными картами при отсутствии автоматического управления на практике усложняется постоянными изменениями факторов, влияющими на процесс горения: состав и качество топлива, показания кислорода и коэффициент избытка воздуха, паровая нагрузка, регулирование подачи топлива, тонина размола угля и другие. Как правило, на котельном агрегате паропроизводительностью 420 т/ч такие системы установлены, а на котельных агрегатах паропроизводительностью 160 и 220 т/ч – не везде. Регулирование вручную из-за инерции принятия решения приводит зачастую к перерасходу топлива. Введение системы автоматизации контроля и управления процессами горения позволит увеличить КПД котла на 1 %.

#### Достигнутые экологические выгоды

Ожидаемая экономия топлива на котле 160 т/ч за счет внедрения автоматизации процесса горения может в зависимости от расположения ТЭЦ и структуры тепловых нагрузок составить до 570–740 т/г, что эквивалентно снижению выбросов оксидов азота на 7,5–10 т/г, оксидов серы 15–19 т/г, пыли на 11–14 т/г, складирование ЗШО на 410–530 т/г в перерасчете на один котел.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Автоматизация процессов горения позволяет сократить расход топлива, приводит к уменьшению выбросов в атмосферу и улучшению экологической обстановки в городах, а также улучшению показателей работы ТЭЦ, в первую очередь, за счет повышения КПД котлов.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Снижение расхода топлива и расхода электроэнергии на собственные нужды.

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Целесообразно для КА производительностью 160 т/ч и более.

#### Экономика

Для котельного агрегата паропроизводительностью 160 т/ч экономия топлива может составить более 1 300 т/г или 7,8 млн тенге (при цене условного топлива 6 тыс. тенге/тут) при ожидаемых затратах на систему автоматизации управления процессом горения 38,7 млнтенге (90 тыс.\$) на один котельный агрегат и сроке окупаемости не

более 5 лет. При внедрении системы автоматизации процесса горения на 30 из находящихся в эксплуатации 62 пылеугольных котельных агрегатах (паропроизводительностью 160–220 т/ч), суммарная экономия топлива может составить 30 тыс.т.у.т, что сократит выбросы оксидов серы на 770 т, оксидов азота на 400 т, пыли на 560 т, уменьшит складирование ЗШО на 21,5 тыс.т, выбросы парниковых газов на 71,7 тыс.т.

#### Движущая сила внедрения

Снижение расхода электроэнергии на собственные нужды, увеличение полезного отпуска электроэнергии, снижение себестоимости электрической и тепловой энергии.

НДТ 16. В целях уменьшения расхода электроэнергии на собственные нужды применить частотное регулирование электроприводов насосов, дутьевых вентиляторов, дымососов, питателей сырого угля и другого вспомогательного оборудования

#### Описание

Использование регулирования производительности вспомогательного оборудования с помощью частотных преобразователей уменьшит расход электроэнергии на собственные нужды.

#### Техническое описание

Известный метод регулирования производительности какого-либо оборудования за счет изменения числа оборотов не применялся на ТЭС из-за его высокой стоимости. Теперь, когда преобразователи частотного регулирования (далее – ЧРП) относительно подешевели, считается целесообразным рассмотреть их внедрение на электроэнергетических объектах. ЧРП построены на базе полупроводниковых быстродействующих тиристорных преобразователей, включенных по мостовым, перекрестным, нулевым, и встречно-параллельным схемам. Наиболее распространенным случаем применения ЧРП являются насосы.

#### Достигнутые экологические выгоды

В зависимости от типа вспомогательного оборудования и объема внедрения ЧРП экономия расхода топлива может достигать от 10 до 20%; выбросы загрязняющих веществ уменьшаются пропорционально расходу топлива.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Улучшение экологической обстановки городов, увеличение полезного отпуска электроэнергии.

#### Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Снижение расхода топлива и расхода электроэнергии на собственные нужды. Улучшение условий эксплуатации вспомогательного оборудования, сокращение ручного труда.

#### Технические соображения, касающиеся применимости

Для электродвигателей приводов любого назначения, где требуется изменение производительности.

## Экономика

Регулирование насоса типа "Д" производительностью 1 250 м<sup>3</sup>/ч, мощностью 320 кВт при скорости вращения 1 500 об/мин производится за счет дросселирования задвижкой. Годовая экономия потребления электроэнергии в результате установки ЧРП составила 166 тыс. кВтч (время работы летом — 1 100 часов, зимой – 1 500 часов) или в денежном выражении 1,164 млн тенге. Затраты на ЧРП при средней удельной стоимости 27 \$/кВт составят 3,715 млн тенге и окупятся за 3,2 года. Расчеты по возможной экономии электроэнергии на собственные нужды для других видов вспомогательного оборудования можно выполнить аналогично. По опыту внедрения этой техники на многих объектах ЕС и РФ можно сделать вывод, что экономия электроэнергии составляет от 15 до 40% от суммарных расходов на собственные нужды в зависимости от режима работы и характеристики привода и оборудования. Внедрение ЧРП на основных приводах вспомогательного оборудования на восьми из одиннадцати крупных ТЭЦ Республики Казахстан позволит сократить расход электроэнергии на собственные нужды на 245 млн кВт\*ч.

### Движущая сила внедрения

Снижение расхода электроэнергии на собственные нужды, увеличение полезного отпуска электроэнергии, снижение себестоимости электрической и тепловой энергии.

НДТ 17. В целях повышения энергоэффективности котельных агрегатов и сокращения расхода топлива провести реконструкцию водогрейных котлов типа КВТК-100 с установкой газоплотных панелей

### Описание

Применение газоплотных панелей на котлах КВТК-100 для сокращения присосов и повышения КПД котлов.

### Техническое описание

На существующих водогрейных котлах высокая температура уходящих газов, что приводит к повышенным потерям тепла и снижению КПД. Одной из причин является присосы воздуха в топку и конвективный газоход. Недостаточная газовая плотность котла является причиной коррозии труб топочной камеры в зоне обмуровки, что приводит к дополнительным затратам на ремонт. Мембранные панели представляют собой систему труб, сваренных между собой пластинами (мембранами), образуя газоплотную конструкцию.

### Достигнутые экологические выгоды

Использование газоплотных панелей из мембранных труб позволит сократить расход топлива на 800–1 000 т/г, что эквивалентно уменьшению выбросов оксидов азота на 11–14 т/г, оксидов серы на 20–26 т/г, пыли на 15–19 т/г, складирование ЗШО на 570–740 т/г в перерасчете на один котел.

### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Улучшение экологической обстановки городов, увеличение полезного отпуска электроэнергии.

Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода ТЭР и энергоемкости производства электроэнергии. Снижение расхода топлива и расхода электроэнергии на собственные нужды.

Технические соображения, касающиеся применимости

Целесообразно для котлов мощностью 100 Гкал/ч.

Экономика

Кроме сокращения выбросов уменьшается расход электроэнергии на собственные нужды на 750 тыс. кВтч на один котел. При затратах на реконструкцию не более 100 млн тенге экономический эффект составит 15 млн тенге, а срок окупаемости – 6 лет. При реконструкции десяти водогрейных котлов из тринадцати экономия топлива составит 9 тыс. т.у.т.

Движущая сила внедрения

Снижение расхода электроэнергии на собственные нужды, снижение себестоимости тепловой энергии.

### **5.3.6. НДТ энергоэффективности в производстве цемента**

В приложении 3 к Экологическому кодексу перечислены виды деятельности, относящиеся к горно-металлургической комплексе (ГМК), для которых должны быть разработаны справочники по НДТ (СНДТ):

производство цемента, извести, оксида магния.

До разработки и утверждения Заключения по НДТ, в соответствии с подпунктом 7 статьи 418 Экологического кодекса "операторы объектов I категории вправе при получении комплексного экологического разрешения и обосновании технологических нормативов ссылаться на СНДТ по соответствующим областям их применения, разработанные в рамках Европейского бюро по комплексному контролю и предотвращению загрязнений окружающей среды, а также на решения Европейской комиссии об утверждении заключений по наилучшим доступным техникам (далее – ЗНДТ) по соответствующим областям их применения".

Соответствующий СНДТ/ ЗНДТ ЕС:

производство цемента, извести и оксида магния (Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide, 04.2013).

Производство цемента

Цементная промышленность занимает ведущее место в потреблении энергетических ресурсов. Энергоемкость цементной отрасли зависит от способа производства. Основными энергетическими ресурсами являются топливо и электроэнергия. В энергопотреблении цементного производства основными технологическими процессами являются процессы дробления, измельчения, обжига, смешения, которые проводятся с использованием электрической энергии и энергии

топлива. Правильное решение выбора рациональных видов топлива и энергопотребляющего оборудования, а также решение проблемы интенсификации процессов тепло - и массообмена является важной составной частью повышения эффективности производства.

В разделе 6.2.3 соответствующего отраслевого (вертикального) СНДТ РК "Производство цемента и извести", проект которого был разработан и отправлен на рассмотрение и утверждение в Комитет НДТ в соответствии с нормами Экологического кодекса, приведены НДТ потребления энергии [47].

НДТ 6. Применение печей с многоступенчатым теплообменником и декарбонизатором.

Для снижения потребления энергии НДТ предусматривают использование печи, работающей по сухому способу с многоступенчатым теплообменником и декарбонизатором. При этом типе системы обжига отработанные газы и тепло отходящих газов из зоны охлаждения могут быть использованы для подогрева и предварительного обжига сырья перед подачей в печь для обжига, что обеспечивает значительную экономию энергии.

НДТ 7. Оптимизация процессов в части энергопотребления.

1. Применение улучшенных и оптимизированных систем обжига и плавного, стабильного процесса эксплуатации печи в соответствии с установленными параметрами, в том числе:

оптимизация управления технологическим процессом, включая компьютерные системы автоматического контроля;

современные весовые системы подачи твердого топлива;

расширение теплообменника и декарбонизатора до такой степени, насколько позволяет конфигурация существующей печи;

2. Рекуперация избытка тепла из обжиговых печей, особенно из зоны охлаждения. В частности, избыток тепла из зоны охлаждения (горячий воздух) или из теплообменника может использоваться для сушки сырья.

3. Применение соответствующего числа циклонов теплообменника в зависимости от характеристик и свойств сырьевых материалов и используемого топлива.

4. Использование топлива с характеристиками, которые имеют положительный эффект для снижения энергопотребления.

5. При замене обычного топлива на топливо из отходов используются оптимизированные и специальные системы цементных печей для сжигания отходов.

6. Минимизация параллельных потоков.

НДТ 8. Сокращение содержания клинкера в цементе и цементных продуктах.

НДТ 9. Оптимизация энергопотребления.

## **6. Заключение, содержащие выводы по наилучшим доступным техникам**

## **6.1. Область применения**

К области применения НДТ по энергоэффективности относятся все предприятия, идентифицированные как объекты I категории, а также все виды деятельности, непосредственно связанные с ними в техническом отношении.

Кроме того, к видам деятельности, охватываемым данными заключениями по НДТ, могут дополнительно применяться следующие заключения, содержание выводов по НДТ:

"Переработка нефти и газа";

"Производство неорганических химических веществ";

"Производство цемента и извести";

"Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии".

## **6.2. Общие положения**

Наилучшие доступные техники

Перечень и описание техник в заключениях по НДТ не являются ни нормативными, ни исчерпывающими. Допускаются другие техники, обеспечивающие, по крайней мере, эквивалентный приведенным наилучшим доступным техникам уровень защиты окружающей среды и уровни энергопотребления.

Применимость наилучших доступных техник

Заключения по НДТ применимы ко всем объектам, если не указано другое.

## **6.3. Системы энергетического менеджмента**

НДТ 1 состоит во внедрении и поддержании системы менеджмента энергоэффективности, включающие следующие элементы:

Ответственность и обязательства руководства в области энергоэффективности на уровне предприятия.

Политика энергоэффективности для установки, утвержденная высшим руководством предприятия.

Планирование, а также определение целей и задач (см. НДТ 2, 3.1 и 5).

Разработка и соблюдение процедур, уделяющих особое внимание следующим вопросам:

организационная структура и ответственность персонала;

его обучение, повышение компетентности (см. также НДТ 10);

обеспечение внутреннего информационного обмена с максимальным привлечением средств коммуникации;

вовлечение персонала в мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности;

ведение документации;

эффективный контроль производственных процессов (см. также НДТ 11);

программы технического обслуживания оборудования (см. также НДТ 12);

готовность к чрезвычайным ситуациям;



обеспечение соответствия законодательным требованиям в области энергоэффективности и соответствующим соглашениям (если таковые существуют);

сравнительный анализ, включающий определение внутренних показателей энергоэффективности и их периодическую оценку (см. также НДТ 5), а также систематическое и регулярное сопоставление их с отраслевыми и другими подтвержденными данными (см. также НДТ 6);

оценка результативности ранее выполненных и внедрения корректирующих мероприятий, уделяющих особое внимание вопросам мониторинга и измерения; корректирующие и профилактические действия; ведение документации; независимый (там, где это возможно) внутренний аудит с целью оценки соответствия системы установленным требованиям, результативности ее внедрения и поддержания ее на соответствующем уровне (см. НДТ 3.1 и 3.2);

регулярный анализ СМЭЭ со стороны высшего руководства на соответствие целям, адекватности и результативности;

при проектировании новых установок и систем учитывать возможное воздействия на окружающую среду, связанное с последующим выводом их из эксплуатации;

разработка энергоэффективных технологий и отслеживание достижений в области методов обеспечения энергоэффективности.

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Область применения и особенности конкретной СМЭЭ (например, степень детальности) определяется характером, масштабом и уровнем сложности установки, а также энергопотреблением составляющих ее технологических процессов и систем.

Компонент СМЭЭ/СЭМ: планирование и определение целей и задач.

НДТ 2 состоит в постоянном сведении к минимуму воздействия установки на окружающую среду посредством комплексного планирования мероприятий и инвестиций на кратко-, средне- и долгосрочную перспективу с учетом экономической целесообразности, а также взаимосвязи между воздействиями на различные компоненты окружающей среды.

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок.

НДТ 3 состоит в выявлении аспектов энергоэффективности установки и возможностей для энергосбережения:

3.1. НДТ состоит в выявлении аспектов установки, влияющих на ее энергоэффективность, посредством организации аудита. Существенным является соответствие аудита принципам системного подхода (см. НДТ 4):

1) характер энергопотребления установки, а также систем и процессов, входящих в ее состав;

2) энергопотребляющее оборудование, а также тип и количество энергии, потребляемой этим оборудованием;

3) возможности минимизации энергопотребления:

контроль/сокращение времени работы оборудования, например, отключение неиспользуемого оборудования;

оптимизация теплоизоляции;

оптимизация энергохозяйства, инженерных сетей, а также связанных с ними систем, технологических процессов и оборудования (см. НДТ для энергопотребляющих систем в гл. 7.5).

возможности использования более эффективных альтернативных источников энергии, в частности, избыточной энергии от других процессов и/или систем;

возможности использования образующейся избыточной энергии в других процессах и/или системах;

возможности повышения качества тепловой энергии.

Применимость: внедрение возможно на всех видах существующих установок, в т.ч. на установках, в отношении которых планируется реконструкция или модернизация. Аудит может быть внешним или внутренним.

3.2. НДТ состоит в использовании надлежащих инструментов и методик, позволяющих выявить и количественно оценить возможности для оптимизации энергопотребления, включая:

энергетические модели, базы данных и энергобалансы;

аналитические методы, например, пинч-анализ, анализ эксергии или энтальпии), термоэкономика;

оценки и расчеты.

3.3. НДТ состоит в выявлении возможностей для оптимизации утилизации энергии в пределах установки, с передачей энергии между процессами внутри установки (см. НДТ 4) и/или третьей стороне (сторонам).

Применимость: практическая реализация данного НДТ зависит от возможности найти применение для избыточного тепла соответствующего типа и в таком количестве, которое может быть получено на установке (принципы системного подхода описаны в НДТ 4).

Обеспечение сотрудничества третьих сторон и соглашений с ними может находиться за пределами возможностей оператора и, как следствие, за пределами условий КЭР.

НДТ 4 состоит в оптимизации энергоэффективности установки с использованием менеджмента энергосистем. Системы, которые должны рассматриваться как целое при оптимизации энергоэффективности, включают, в частности:

основное производственное оборудование (см. отраслевые справочные документы);

системы теплоснабжения, например: паровые и водяные;

вакуумные системы и системы охлаждения;

системы с электроприводом, в частности: системы сжатого воздуха и насосные системы;

осветительные системы;  
системы сушки, сепарации и концентрирования.

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Масштаб и характер применения данного метода (например, степень детальности, периодичность мероприятий по оптимизации, выбор систем, рассматриваемых во взаимосвязи) зависят от характера, масштаба и сложности установки, энергопотребления систем и технологических процессов, входящих в ее состав, а также рассматриваемых методов оптимизации энергоэффективности.

НДТ 5 состоит в установлении показателей энергоэффективности посредством выполнения всех следующих действий:

определение подходящих показателей энергоэффективности для установки в целом и, там, где это необходимо, для отдельных процессов, систем и/или производственных единиц, а также оценка изменения этих показателей с течением времени или после осуществления мероприятий по повышению энергоэффективности;

определение и документирование адекватных границ систем для целей расчета показателей;

определение и документирование факторов, которые могут вызывать изменение энергоэффективности значимых процессов, систем и/или производственных единиц.

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данных методов определяются характером, масштабом и сложностью установки, а также энергопотреблением составляющих ее технологических процессов и систем.

НДТ 6 состоит в регулярном проведении систематического сравнительного анализа результативности с использованием отраслевых, национальных и региональных ориентиров, при наличии соответствующих подтвержденных данных (см. также НДТ 5 ).

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Степень детальности сравнительного анализа зависит от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

Компонент СМЭЭ/СЭМ: проектирование.

НДТ 7 состоит в оптимизации энергоэффективности при проектировании новой установки, производственной единицы или системы, или планировании их значительной модернизации, с учетом всех соображений, перечисленных ниже:

энергоэффективное проектирование должно начинаться на ранних стадиях концептуального/эскизного проектирования;

энергоэффективное проектирование должно приниматься во внимание при организации тендеров;

разработка и/или выбор энергоэффективных технологий;

при необходимости сбор дополнительных данных, осуществляемый в рамках проектирования или отдельно;

работы по энергоэффективному проектированию должны выполняться имеющим соответствующую квалификацию экспертом-энергетиком;

в ходе исходного картирования энергопотребления необходимо, в частности, выявить, от каких лиц и подразделений в составе проектной организации или организации-заказчика зависит энергопотребление будущего объекта, а затем организовать взаимодействие с ними с целью оптимизации энергоэффективности последнего.

Применимость: этот метод применим ко всем видам новых установок, значительных технологических процессов или систем, а также объектов, для которых предполагается масштабная модернизация.

НДТ 8 состоит в стремлении к оптимизации использования энергии в рамках более чем одного процесса или системы в пределах установки или с участием третьей стороны.

Применимость: внедрение возможно на всех типах установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данного метода зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

Обеспечение сотрудничества третьих сторон и соглашений с ними может находиться за пределами возможностей оператора и, как следствие, за пределами условий КЭР.

Компонент СМЭЭ/СЭМ: эксплуатация.

НДТ 9 состоит в поддержании поступательного развития программ повышения энергоэффективности посредством использования разнообразных методов, включая:

внедрение системы менеджмента энергоэффективности (см. НДТ 1);

учет потребления энергии на основе фактического потребления, что возлагает ответственность за обеспечение энергоэффективности на конечного пользователя, побуждая таким образом более эффективно и экономно использовать энергоресурсы и уменьшать связанные с этим расходы;

создание центров прибыли, связанных с повышением энергоэффективности;

сравнительный анализ энергорезультативности (см. НДТ 9);

анализ существующих систем менеджмента, позволяющий посмотреть на них свежим взглядом, например, с использованием подходов "совершенства в производственной деятельности";

использование методов управления изменениями внутри организации.

Применимость: этот метод применим ко всем видам установок. В конкретных условиях может быть целесообразным использование одного или нескольких из указанных методов. Масштаб и особенности (например, степень детальности)

применения данных методов зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

НДТ 10 состоит в поддержании уровня квалификации персонала в сфере энергоэффективности и энергопотребляющих систем посредством следующих методов:

привлечение квалифицированного персонала и/или обучение персонала. Обучение может проводиться специалистами самой организации или внешними экспертами, в форме организованных учебных курсов или путем самообразования/ профессионального саморазвития;

периодическое освобождение работников от повседневных обязанностей для участия в плановых обследованиях или исследованиях по конкретному вопросу (в пределах их собственной установки или на другой установке);

обмен кадровыми ресурсами между объектами;

привлечение к проведению плановых обследований консультантов, обладающих необходимой квалификацией;

делегирование специализированных функций и/или эксплуатации специализированных систем внешней организации.

Применимость: этот метод применим ко всем видам установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данных методов зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

НДТ 11 состоит в обеспечении эффективного контроля технологических процессов посредством таких методов, как:

поддержание систем организации, обеспечивающих знание, понимание и выполнение персоналом установленных процедур;

обеспечение выявления ключевых параметров результативности, их оптимизации с точки зрения энергоэффективности, а также их мониторинга;

фиксирование этих параметров или ведение соответствующей документации.

Применимость: этот метод применим ко всем видам установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данных методов зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

НДТ 12 состоит в организации технического обслуживания (далее – ТО) на установках с целью оптимизации энергоэффективности при помощи всех нижеперечисленных методов:

четкое распределение ответственности за планирование и осуществление ТО;

формирование структурированной программы ТО, основанной на технической документации оборудования, нормативах и т.д., а также данных о любых отказах оборудования и их последствиях. Некоторые виды ТО целесообразно осуществлять во время плановых остановов оборудования;

поддержка программы ТО посредством надлежащей системы ведения документации и диагностических проверок;

выявление на основе результатов планового ТО, а также отказов и случаев нештатного функционирования оборудования возможных причин снижения энергоэффективности, а также возможностей для ее повышения;

выявление утечек, неисправного оборудования, изношенных подшипников и других факторов, которые могут повлиять на энергопотребление, ремонт или замена дефектного оборудования при первой же возможности.

Применимость: этот метод применим ко всем видам установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данных методов зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем. Там, где это применимо, следует стремиться к балансу между оперативным производством ремонтных работ, обеспечением качества продукции и стабильности производственного процесса, а также здоровья и безопасности персонала при выполнении ремонтных работ на действующем предприятии (где может находиться оборудование с движущимися частями, имеющее высокую температуру и т.п.).

НДТ 13 состоит в определении и соблюдении процедур регулярного мониторинга и измерения ключевых характеристик производственного процесса и видов деятельности, которые могут оказывать значительное влияние на энергоэффективность установки и при необходимости ее отдельных систем (см. НДТ 11).

Применимость: этот метод применим ко всем видам установок. Масштаб и особенности (например, степень детальности) применения данного метода зависят от характера, масштаба и сложности установки, а также энергопотребления составляющих ее технологических процессов и систем.

#### **6.4. НДТ обеспечения энергоэффективности энергосистем, процессов, видов деятельности и оборудования**

НДТ состоит в применении следующих подходов:

анализ системы и ее результативности, в т.ч. сравнительный анализ (бенчмаркинг) (НДТ 1, 3.1, 5 и 6);

планирование мероприятий и инвестиций по оптимизации энергоэффективности с учетом экономической целесообразности и влияния на различные компоненты окружающей среды (НДТ 2);

в случае новых систем – оптимизация энергоэффективности при проектировании установки, агрегата или системы, а также при выборе технологических процессов (НДТ 7);

в случае существующих систем – оптимизация энергоэффективности посредством надлежащей эксплуатации и менеджмента, включая регулярный мониторинг и техническое обслуживание (НДТ 11, 12 и 13).

## **6.5. Описание техник разных систем**

### **6.5.1. Сжигание топлива**

НДТ 14 состоит в оптимизации энергоэффективности сжигания топлива при помощи таких методов, как:

методы, специфичные для конкретных отраслей и описанные в отраслевых справочных документах;

методы, описанные в справочном документе по крупным топливосжигающим установкам; или

методы, перечисленные в настоящем документе:

когенерация;

сокращение массового расхода дымовых газов посредством снижения избытка воздуха горения;

снижение температуры дымовых газов при помощи:

подбора оптимальных размеров и других характеристик оборудования исходя из требуемой максимальной мощности с учетом расчетного запаса надежности;

интенсификации передачи тепла технологическому процессу посредством увеличения удельного потока тепла, увеличения площади или усовершенствования поверхностей теплообмена;

рекуперации тепла дымовых газов с использованием дополнительного технологического процесса (например, производства пара при помощи экономайзера);

установки подогревателя воздуха или воды, или предварительного подогрева топлива при помощи тепла дымовых газов. Следует отметить, что подогрев воздуха может быть необходим, если технологический процесс требует высокой температуры пламени (например, в стекольном или цементном производстве);

очистки поверхностей теплообмена от накапливающейся золы и частиц углерода с целью поддержания высокой теплопроводности. В частности, в конвекционной зоне могут периодически использоваться сажесдуватели.

рекуперативные и регенеративные горелки;

автоматизированное управление горелками);

выбор топлива;

кислородное сжигание;

снижение потерь при помощи теплоизоляции;

сокращение потерь через отверстия печей.

### **6.5.2. Паровые системы**

НДТ 15 для паровых систем состоит в оптимизации их энергоэффективности при помощи таких методов, как:

методы, специфичные для конкретных отраслей и описанные в отраслевых справочных документах;

методы, описанные в справочном документе по крупным топливосжигающим установкам или

методы, перечисленные в настоящем документе:

1. Проектирование и конструктивные решения:

энергоэффективное проектирование и монтаж парораспределительной сети;

дросселирование и использование турбодетандеров. (Использование турбодетандеров вместо традиционных дросселей и редуционных клапанов);

2. Эксплуатация и управление технологическим процессом:

совершенствование эксплуатационных процедур и методов управления технологическим процессом;

каскадное управление группой котлов (при наличии нескольких котлов на предприятии);

установка отсекающих заслонок на газоходах дымовых газов (при наличии нескольких котлов, использующих одну и ту же дымовую трубу);

3. Производство пара:

предварительный подогрев питательной воды с помощью:

1) отходящего тепла, например, от других технологических процессов;

2) экономайзера, использующего дымовые газы,

3) подогрева конденсата за счет деаэрированной питательной воды,

4) конденсации пара, использованного для деаэрации, и подогрева поступающей в деаэратор воды при помощи теплообменника;

предотвращение образования и удаление отложений накипи с теплообменных поверхностей (очистка теплообменных поверхностей котла);

минимизация величины продувки котла посредством улучшения водоподготовки; установка автоматизированной системы контроля общего содержания растворенных твердых веществ;

установка/восстановление футеровки котла;

оптимизация расхода пара в деаэраторе;

минимизация потерь, связанных с работой короткими циклами;

техническое обслуживание котлов;

4. Распределение пара:

оптимизация парораспределительной системы (в особенности, в отношении вопросов, перечисленных ниже);

отключение неиспользуемых паропроводов;

теплоизоляция паропроводов и конденсатопроводов (включая фитинги, клапаны и резервуары);

реализация программы контроля состояния конденсатоотводчиков и их ремонта;

5. Утилизация и повторное использование:



сбор конденсата и возврат в котел для повторного использования (оптимизация использования конденсата);

повторное использование выпара (использование конденсата высокого давления для производства пара низкого давления);

утилизация энергии продувочной воды котла.

### **6.5.3. Утилизация тепла**

НДТ 16 состоит в поддержании КПД теплообменников посредством обоих методов, названных ниже:

периодический мониторинг КПД теплообменников;

предотвращение загрязнения теплообменных поверхностей (образования отложений и накипи) или их очистка.

### **6.5.4. Электроэнергия**

НДТ 17 состоит в поиске возможностей для когенерации; при этом потребители могут находиться в пределах установки или за ее пределами (третья сторона).

Применимость: Обеспечение сотрудничества третьих сторон и соглашений с ними может находиться за пределами возможностей оператора и, как следствие, за пределами условий разрешения КЭР.

Электроснабжение

НДТ 18 состоит в повышении коэффициента мощности в соответствии с требованиями местного поставщика электроэнергии при помощи подобных перечисленным ниже методам в соответствии с условиями их применимости.

18.1 Установка конденсаторов в цепях переменного тока для компенсации коэффициента мощности.

Применимость: этот метод применим ко всем видам установок.

18.2 Минимизация работы двигателей на холостом ходу или со значительной недогрузкой.

Применимость: этот метод применим ко всем видам установок.

18.3 Эксплуатация оборудования при напряжении, не превышающем номинального.

Применимость: этот метод применим ко всем видам установок.

18.4. При замене электродвигателей – использование энергоэффективных двигателей.

Применимость: при замене оборудования.

НДТ 19 состоит в проверке системы энергоснабжения на наличие высших гармоник и, при необходимости, использовании фильтров.

НДТ 20 состоит в оптимизации эффективности системы энергоснабжения объекта I категории при помощи перечисленных методов, в соответствии с условиями их применимости.

20.1 Обеспечение достаточного диаметра кабелей, соответствующего мощности.

Применимость: проводить работы, когда энергопотребляющее оборудование не используется, например, во время остановов, монтажа или перемещения оборудования.

20.2 Эксплуатация трансформаторов при достаточной нагрузке, превышающей 40–50 % номинальной мощности.

Применимость:

для существующих предприятий: при нагрузке ниже 40 % номинальной мощности и одновременной работе нескольких трансформаторов;

при замене оборудования: установка трансформатора с пониженным уровнем потерь и ожидаемым уровнем нагрузки 40–75 % номинальной мощности.

20.3 Использование трансформаторов с повышенным КПД/пониженным уровнем потерь.

Применимость: при замене оборудования или если оправдано с точки зрения затрат за время жизненного цикла.

20.4 Размещение оборудования, требующего большой силы тока, как можно ближе к источникам питания (например, трансформаторам).

Применимость: при установке или перемещении оборудования.

Подсистемы с электроприводом

НДТ 21 состоит в применении следующей последовательности шагов по оптимизации электроприводов:

1) оптимизация системы, использующей электродвигатели, как единого целого (например, систему охлаждения);

2) оптимизация приводов в системе в соответствии с вновь определенными требованиями к нагрузке с использованием одного или нескольких нижеперечисленных методов в соответствии с условиями применимости:

установка или модернизация системы;

использование энергоэффективных двигателей;

применимость: с учетом затрат за время жизненного цикла;

выбор оптимальной номинальной мощности двигателя.

Применимость: с учетом затрат за время жизненного цикла.

Установка приводов с переменной скоростью (далее – ППС).

Применимость: использование ППС может быть ограничено вследствие соображений безопасности. В соответствии с нагрузкой. При наличии нескольких двигателей в системе, от которой требуется переменная производительность, (например, в системе сжатого воздуха) оптимальным может быть использование только одного привода с переменной скоростью.

Установка передачи/редукторов с высоким КПД.

Применимость: с учетом затрат за время жизненного цикла.

Использование:

жесткого соединения там, где это возможно;

синхронных или зубчатых ременных передач вместо обычных клиновидных;  
косозубой цилиндрической передачи вместо червячной;

Применимость: этот метод применим ко всем видам систем.

Ремонт двигателя с обеспечением энергоэффективности или замена на ЭЭД.

Применимость: при проведении ремонта.

Перемотка: отказ от перемотки и замена на ЭЭД, или обращение к сертифицированной организации, осуществляющей ремонт с обеспечением энергоэффективности.

Применимость: при проведении ремонта.

Контроль качества электроснабжения.

Применимость с учетом затрат за время жизненного цикла.

Эксплуатация и ТО системы/ Смазка, регулировка, настройка.

Применимость: внедрение возможно во всех системах.

#### **6.5.5. Разные системы**

НДТ состоит в оптимизации следующих систем и процессов с использованием методов, подобных описанным в настоящем документе, в соответствии с условиями применимости.

Системы сжатого воздуха

НДТ 22 состоит в оптимизации систем сжатого воздуха при помощи нижеперечисленных в соответствии с условиями применимости.

22.1. При проектировании, установке или модернизации системы

Оптимизация общего устройства системы, включая использование нескольких уровней давления.

Применимость: только для новых систем или в случае значительной модернизации.

Модернизация компрессора.

Применимость: только для новых систем или в случае значительной модернизации.

Улучшение процессов охлаждения, сушки и фильтрации сжатого воздуха.

Применимость: этот метод не включает более частую замену фильтров.

Сокращение фрикционных потерь давления (например, посредством увеличения диаметра трубопроводов).

Применимость: только для новых систем или в случае значительной модернизации.

Усовершенствование приводов компрессоров (высокоэффективные двигатели).

Применимость: наиболее эффективно в небольших системах (<10 кВт).

Усовершенствование приводов компрессоров (регулирование скорости).

Применимость: применимо в системах с переменной нагрузкой. В системах с несколькими приводами целесообразно оборудовать устройством регулирования скорости лишь один из них.

Использование усовершенствованной системы управления.

Применимость: на всех видах установок.

Утилизация отходящего тепла для других применений.

Применимость: Этот метод приводит к увеличению общего количества доступной энергии, но не к сокращению потребления электроэнергии (часть электроэнергии преобразуется в полезное тепло).

Организация забора холодного наружного воздуха.

Применимость: в случае наличия доступа (если позволяет конфигурация оборудования).

Создание запасов сжатого воздуха вблизи крупных потребителей с существенно варьирующим уровнем потребления.

Применимость: во всех видах систем.

22.2. При эксплуатации и ТО системы:

Оптимизация некоторых конечных устройств.

Применимость: во всех видах систем.

Сокращение утечек воздуха.

Применимость: во всех видах систем. Наибольшей потенциал энергосбережения.

Более частая замена фильтров.

Применимость: рассматривать целесообразность в каждом отдельном случае.

Оптимизация рабочего давления.

Применимость: во всех видах систем.

Насосные системы

НДТ 23 состоит в оптимизации насосных систем при помощи нижеперечисленных методов в соответствии с условиями применимости.

23.1 На стадии проектирования:

Выбор насосов оптимальной мощности при установке нового оборудования и замена насосов с избыточной мощностью.

Применимость: для новых насосов, в случае существующих насосов применимо с учетом экономической целесообразности и срока эксплуатации.

Подбор приводов надлежащей мощности к выбранным насосам.

Применимость: для новых насосов, в случае существующих насосов применимо с учетом экономической целесообразности и срока эксплуатации.

Проектирование трубопроводных систем.

Применимость: см. "Распределительная система" ниже.

23.2. При управлении, в ходе эксплуатации и проведения ТО:

Система управления и регулирования.

Применимость: повсеместно.

Отключение насосов, в работе которых нет необходимости.

Применимость: повсеместно.

Использование приводов с переменной скоростью.

Применимость: применимо с учетом экономической целесообразности и срока эксплуатации. Нецелесообразно при постоянных расходах.

Использование нескольких насосов (поэтапное задействование мощностей по мере необходимости).

Применимость: в случаях, когда обычный расход в системе более чем в два раза меньше требуемой максимальной производительности.

Регулярное ТО. В случае слишком частого внепланового ТО проверять на предмет кавитации, износа, использования неподходящих типов насосов.

Применимость: повсеместно.

### 23.3. В распределительных системах.

Доведение количества вентилей и изгибов до минимального значения, совместимого с удобной эксплуатацией и ТО системы.

Применимость: во всех случаях при проектировании и установке (а также ремонте и модернизации).

Недопущение слишком большого количества изгибов.

Применимость: во всех случаях при проектировании, установке, ремонте и модернизации.

Обеспечение достаточного (не слишком маленького) диаметра трубопроводов.

Применимость: во всех случаях при проектировании, установке, ремонте и модернизации.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

НДТ 24 состоит в оптимизации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха при помощи следующих методов.

#### 24.1. При проектировании и управлении.

Общее устройство системы. Выбрать и оборудовать по отдельности участки, обслуживаемые: общеобменной вентиляцией, местной вентиляцией, технологической вентиляцией.

Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации. В случае существующих насосов применимо с учетом экономической целесообразности и срока эксплуатации.

Оптимизация количества, формы и размера воздухозаборников.

Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации.

Использование вентиляторов с высоким КПД, имеющих оптимум эффективности при требуемой производительности.

Применимость: экономически эффективно во всех случаях.

Эффективное управление расходом воздуха (в т.ч. рассмотрение вопроса о целесообразности приточновытяжной вентиляции).

Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации.

Устройство системы воздуховодов: воздуховоды достаточного диаметра, воздуховоды круглого сечения, отсутствие передачи воздуха на большие расстояния, а также препятствий для движения воздуха (крутых изгибов, сужений и т.д.).

Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации.

Оптимизация электродвигателей, рассмотрение возможности для установки приводов переменной скорости. См. дополнительно НДТ 21.

Применимость: повсеместно случаях с учетом экономической целесообразности и срока эксплуатации замены существующих двигателей.

Использование автоматизированной системы управления. Интеграция с централизованной системой управления техническими службами здания.

Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации; для существующих систем применимо, если это технически осуществимо и экономически целесообразно.

Интеграция воздушных фильтров в систему воздуховодов и утилизация тепла отводимого воздуха (теплообменники).

Применимость: для новых систем или в случае значительной модернизации, для существующих систем применимо с учетом экономической целесообразности. При этом принять во внимание следующие факторы: тепловой КПД, потеря давления, необходимость регулярной очистки фильтров и теплообменных поверхностей.

Сокращение потребностей в отоплении/охлаждении посредством:

- 1) теплоизоляции зданий;
- 2) эффективного остекления;
- 3) ограничения инфильтрации воздуха;
- 4) автоматического закрытия дверей;
- 5) дестратификации;

6) задания пониженного уровня температуры в нерабочее время (посредством программирования системы управления);

7) уменьшения (для отопления) или увеличения (для охлаждения) заданного уровня температуры.

Применимость: рассматривать возможность во всех случаях, реализовывать в случае экономической целесообразности.

Повышение энергоэффективности систем отопления посредством:

утилизации и использования отходящего тепла;  
использования тепловых насосов;

применения лучистых и локальных систем отопления в сочетании с пониженной температурой в помещениях, где отсутствуют рабочие места.

Применимость: рассматривать возможность во всех случаях, реализовывать в случае экономической целесообразности.

Повышение энергоэффективности систем охлаждения за счет использования естественного охлаждения.

Применимость: применимо при определенных условиях.

24.2. При эксплуатации и проведении ТО.

Отключение вентиляции и сокращение расхода воздуха там, где это возможно.

Применимость: повсеместно.

Обеспечение герметичности системы, проверка соединений.

Применимость: повсеместно.

Проверка сбалансированности системы.

Применимость: повсеместно.

Оптимизация расхода воздуха.

Применимость: повсеместно.

Оптимизация системы фильтрации воздуха за счет оптимизации степени рецикла, оптимизации потери давления, регулярной очистки/замены фильтров, регулярной очистки системы.

Применимость: повсеместно.

Оптимизация производства тепла, см. НДТ 15 и 16.

НДТ для производства холода, чиллеров и теплообменников – см. справочный документ по промышленным системам охлаждения.

НДТ 25 состоит в оптимизации систем искусственного освещения с использованием таких методов, как:

анализ требований и проектирование системы:

1) выявление требований как к уровню освещенности, так и к спектральному составу освещения, исходя из выполняемых функций. Применимость: повсеместно;

2) планирование использования площадей и организации производственной деятельности для оптимизации использования естественного освещения. Применим в той мере, в какой это может быть достигнуто за счет простой реорганизации производственной деятельности или ТО – во всех случаях. Если требуются строительные работы или реконструкция зданий – при строительстве новых или модернизации существующих установок;

3) выбор осветительных устройств и ламп, исходя из предполагаемого использования. Применимость: с учетом экономического эффекта за все время жизненного цикла;

эксплуатация, управление и ТО:

1) использование систем управления освещением, включая датчики присутствия, таймеры и т.п.;

2) обучение персонала наиболее эффективному использованию осветительного оборудования.

Применимость: повсеместно.

НДТ 26 состоит в оптимизации процессов сушки, сепарации и концентрирования при помощи нижеприведенных методов, в соответствии с условиями применимости, и в поиске возможностей для использования механической сепарации в сочетании с процессами термической сушки:

#### 26.1. При проектировании.

Выбор оптимального метода сепарации (сушки) или сочетания методов (см. ниже), отвечающих конкретным требованиям.

Применимость: повсеместно.

#### 26.2. При эксплуатации.

Использование избыточного тепла от других процессов.

Применимость: зависит от наличия избыточного тепла на предприятии (или поставляемого третьей стороной).

Использование комбинации нескольких методов.

Применимость: анализ ситуации в каждом конкретном случае. Внедрение метода может дать дополнительный эффект в виде повышения качества продукции или производительности.

Использование механических процессов сепарации (фильтрации, мембранной фильтрации).

Применимость: зависит от конкретных требований. Для достижения высокой степени осушки целесообразно использовать в сочетании с другими методами.

Термическая сушка с использованием конвективных, контактных, комбинированных сушилок.

Применимость: широко применяется, но энергозатраты могут быть снижены за счет использования других указанных методов.

Конвективная сушка.

Применимость: см. методы термической и радиационной сушки, а также использование перегретого пара.

Перегретый пар.

Применимость: любые конвективные сушилки могут быть переоборудованы под использование перегретого пара. Применение может повлечь за собой высокие затраты, требуется оценка экономического эффекта за время жизненного цикла. Высокие температуры могут ухудшить качество продукции.

Утилизация тепла (в т.ч. с использованием МРП и тепловых насосов).

Применимость: анализ в случае любой конвективной сушилки непрерывного действия, использующей горячий воздух.

Оптимизация теплоизоляции сушильных систем.

Применимость: анализ ситуации и оценка экономической целесообразности в случае любых систем, в т.ч. существующих.



Радиационная сушка: инфракрасная (ИК); высокочастотная (ВЧ); микроволновая (МВ).

Применимость: применение ИК ограничено размерами высушиваемого материала. Высокие затраты, требуется оценка экономической целесообразности. В сочетании с конвективными или контактными методами может резко повысить производительность сушильной системы.

26.3. При управлении.

Автоматизированное управление процессом термической сушки.

Применимость: повсеместно.

## **7. Перспективные техники**

### **7.1. Перспективные направления в секторе генерации энергии**

#### **7.1.1. Обогащение угля**

Казахстан обладает запасами угля, превышающими 35 млрд т (8-е место в мире). Преобладает экибастузский уголь (более 12 млрд т), на нем работает почти половина угольных ТЭС РК. При сжигании этого вида топлива образуются значительные объемы загрязняющих веществ, что вызвано в первую очередь высокой зольностью (40–45 %) и низкой теплотворной способностью (порядка 3 950–4 000 ккал/кг) угля. Вопросом обогащения экибастузского угля занимались, начиная с 50-х годов прошлого века, 27 организаций; последние исследования по данной теме были проведены российскими компаниями и их результаты показали, что снижение зольности до 33–36 % приведет к увеличению стоимости угля на 50 %, при этом сократятся выбросы CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, пыли на 5,3 %, а складирование зольно-шлаковых отходов (далее – ЗШО) на 28 %. Вызванное этим сокращение экологических платежей – с учетом ожидаемого увеличения ставок платежей – в перспективе вполне сопоставимо с увеличением стоимости угля. Поэтому обогащение экибастузского угля может в ближайшие десять лет перейти от стадии экспериментальных исследований к промышленному производству. Для более комплексного использования продуктов обогащения угля целесообразно отходы обогащения сжигать в установках циркулирующего кипящего слоя (далее – ЦКС).

#### **7.1.2. Цифровые ТЭС**

Цифровая ТЭС включает полную автоматизацию управления технологическими процессами от поступления топлива, подготовки топлива к сжиганию, сжигания, оптимизацию режимов котлов и турбин до мониторинга выбросов загрязняющих веществ и минимизации выбросов. Такие технологии внедрены и функционируют, обеспечивая высокую экономичность, надежность и безопасность эксплуатации и минимальное воздействие на окружающую среду. Многие ТЭС ЕС, США, Японии, Кореи, Китая перешли на цифровизацию на основе Big Data. Для эффективного управления одного угольного блока необходимо по оценке GE использовать более 10

000 параметров, при этом цифровизация дает прирост КПД угольной ТЭС порядка 1,5 %, снижение выбросов на 3 % и сокращение продолжительности незапланированных простоев на 5 %.

### **7.1.3. АЭС**

В Казахстане действовала единственная АЭС МАЭК – Мангышлакский атомный энергетический комбинат на базе реактора на быстрых нейтронах БН- 350, мощностью 350 МВт. МАЭК производил опреснение морской воды для водоснабжения города Актау, электрическую и тепловую энергию и ядерное сырье, которое использовалось в военных целях. Из-за двойного назначения в 1999 году реактор-бридер был по решению первого Президента остановлен, остатки оружейного плутония вывезены и Казахстан объявлен зоной, свободной от ядерного оружия. В условиях ужесточения экологических требований вопрос о строительстве АЭС был снова поднят на совещании Правительства по энергетике с участием Президента РК, прошедшего 26 мая 2021 года. Ранее были отмечены перспективные площадки для строительства АЭС на Балхаше (п.Улькен) и в Курчатове.

Казахстан занимает 1-е место в мире по добыче урана, в стране имеется производство полного цикла от добычи до изготовления тепловыделяющего элемента (далее – ТВЭЛ).

#### **Водородная технология**

Данная технология основана на сжигании водорода, считающегося экологически чистым топливом, так как при сгорании образуются только водяные пары. Теплота сгорания данного вида топлива составляет 120 МДж/кг, что в 7 раз превышает теплоту сгорания экибастузского угля. В концентрациях от 3 до 96 % данный газ взрывоопасен. Однако получение водорода на данном этапе развития техники, например, методом электролиза воды или паровой конверсии метана представляется экономически нецелесообразным. На данный момент используются экспериментальные установки небольшой мощности. Водородная технология находится в стадии пилотных проектов.

#### **Топливные элементы**

Топливные элементы являются электрохимическими устройствами –источниками энергии. В низкотемпературных ТЭ используются водород и кислород. Впервые такие устройства мощностью до 10 кВт использовались для космической техники. ТЭ имеют высокую эффективность, но требуют непрерывной подачи водорода и кислорода, не решен вопрос аккумуляции энергии. Для хранения водорода некоторые компании используют подземные хранилища большой емкости. Для крупных установок промышленного масштаба данный вид техники вряд ли будет представлять интерес в ближайшие 10–15 лет.

## **7.2. Перспективные направления в области передачи электроэнергии**

### **7.2.1. Кабели из сверхпроводящих материалов**

Электроэнергию приходится передавать на большие расстояния, при этом теряется до 20 % выработанной энергии. Одним из решений проблемы является использование сверхпроводимых материалов. К настоящему времени появились сплавы и виды керамики, обладающие такими свойствами при температурах выше абсолютного нуля, например, при 77–90 К.

Российскими учеными открыты материалы, обладающие свойствами сверхпроводимости при комнатной температуре. В рамках эксперимента в США, Кореи, Японии действуют несколько вставок постоянного тока с кабелями, изготовленными из высокотемпературных сверхпроводников (далее – ВТСП) длиной до 3 км. В РФ разработан проект "Санкт-Петербург" экспериментального, выполненного из ВТСП участка кабельной передачи электроэнергии постоянного тока. Эта технология может стать революционной в электроэнергетике.

### **7.2.2. Smart Grid**

Комплекс "умные сети" включает автоматическое управление генерирующими мощностями всех типов: КЭС, ТЭЦ, ГЭС, ГТС, ВИЭ и передающими сетями КЕГОС и РЭК. Такие сети используют для снижения энергопотребления.

Для внедрения таких систем в РК необходимо полностью цифровизовать все крупнейшие электростанции, оборудовать их АСУТП, включая системы автоматического регулирования частоты и мощности (далее – АРЧМ); сети должны быть оборудованы устройствами регулирования фазовых углов напряжения, позволяющими управлять потоками активной и реактивной мощности. Системы потребителей также должны быть оборудованы АСКУЭ или интеллектуальными счетчиками. Smart Grid позволит выбирать оптимальные режимы действующего оборудования электростанций, определять оптимальные потоки передачи электроэнергии с высокой надежностью и минимальными потерями. В некоторых странах, имеющих крупные электростанции, эту технологию уже внедрили в энергосистемы отдельных регионов страны (в США) или энергосистемы компаний.

### **7.2.3. Аккумуляция энергии**

В целом аккумуляция энергии можно разделить на:

механическое (энергия сжатого воздуха – пневматический аккумулятор, маховик, гидроаккумуляторная электростанция (далее – ГАЭС),

электрическое (конденсатор, сверхпроводящий накопитель электроэнергии),

электрохимическое (аккумуляторная батарея),

тепловое (тепловые аккумуляторы, криогенные накопители жидкого воздуха, фазовый переход вещества),

химическое (гидратированные соли, хранение водорода, оксид ванадия).

ГАЭС работают по следующему принципу: в часы пикового потребления срабатывают воду из верхнего хранилища, в часы "провала" потребления электроэнергии (например, в ночное время) воду из нижнего хранилища в верхний

закачивают реверсными генераторами-насосами. Самый мощный вид аккумулирования энергии.

В качестве пневматического аккумулятора (накопителя энергии, основанного на сжатии воздуха) используются подземные хранилища, интегрированные с ВИЭ, двигателем и турбиной. Принцип работы: в период избытка электроэнергии ее используют для закачки воздуха в подземные хранилища. Для получения энергии – например, в период снижения выработки (компенсации недовыработки) – сжатый воздух выпускают через специальную газовую турбину.

Маховики из углеродисто-волоконистых композитов, подвешенные в вакуумном корпусе на магнитных подшипниках, с оборотами 50 000 об/мин и с удельной энергией 100–130 Втч/кг, достигают максимума за несколько минут и выдерживают 105–107 циклов использования. Маховик соединен с комбинированным электродвигателем-генератором.

Сезонное накопление тепловой энергии (далее – СНТЭ) может происходить в водоносных слоях, заполненных водой шахтах, отработанных скважинах. Вода, нагретая солнечными батареями (например, на крышах домов), перекачивается в подземные накопители, где тепло аккумулируется.

Сочетание ВЭС, солнечных коллекторов и тепловых насосов с накопителями дает повышенную эффективность по сравнению с их отдельным использованием.

Электрические накопители в виде конденсатора могут использоваться как кратковременный источник энергии, так как после разряда требуется время для того, чтобы его зарядить.

Сверхпроводящие индуктивные накопители (далее – СПИН), хранят энергию в магнитном поле, создаваемом потоком постоянного тока в сверхпроводящей катушке, охлажденной ниже ее критической температуры. СПИН состоит из сверхпроводящей катушки, системы кондиционирования и холодильника. Заряженная катушка может долго сохранять энергию, при разрядке потери не превышают 2–3 %. Это дорогостоящая система, что вызвано высокой стоимостью используемых в ней компонентов.

### **7.3. Прочие сектора**

#### **7.3.1. Перспективные техники производства цемента**

Техника получения цемента в кипящем слое. Конечной целью развития технологии является в т.ч.:

1. Снижение расхода тепла на обжиг на 10–12 %.
2. Снижение выбросов CO<sub>2</sub> на 10–12 % [47].

### **8. Дополнительные комментарии и рекомендации**

Справочник по НДТ разработан в соответствии со статьей 113 Экологического Кодекса при поддержке Германского общества по международному сотрудничеству (

GIZ) в рамках проекта "Поддержка зеленой экономики в Казахстане и Центральной Азии для развития низкоуглеродной экономики".

Правовая основа заложена "Правилами разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам", утвержденными постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года №.775.

Разработка справочника по НДТ проводилась группой независимых экспертов местных экспертов под руководством иностранных консультантов, представленной энергетиками-специалистами по энергоэффективности, экологами и экспертом по финансовому моделированию. Состав группы независимых экспертов сформирован рабочей группой по отбору экспертов и (или) научно-исследовательских институтов и (или) высших учебных заведений для разработки разделов проектов Справочников по наилучшим доступным техникам, созданной приказом Председателя Правления Центра

Подготовка настоящего справочника по НДТ осуществлялась при участии Технической рабочей группы (далее – ТРГ), созданной приказом председателя Правления Центра НАО "МЦЗТИП" от 23 февраля 2021 года № 17-21П и измененной приказом председателя Правления НАО "МЦЗТИП" №40-21П от 01.04.2021 г. В состав ТРГ вошли представители субъектов промышленности, государственные органы в области промышленной безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия населения, научные и проектные организации, экологические и отраслевые ассоциации.

На первом заседании ТРГ, состоявшемся 23 февраля 2021 года, была утверждена структура справочника наилучшим доступным технологиям. Первый предварительный вариант документа был представлен ТРГ на заседании 30 июня 2021 года. Вопросы и комментарии по нему были предоставлены группе разработчиков к 15 июля. Обсуждение второго предварительного вариант СНДТ прошло на третьем заседании ТРГ 30 августа. Там же были представлены ответы на поступившие от членов ТРГ вопросы. Проект СНДТ, содержащий конкретные предложения по НДТ, был представлен ТРГ для обсуждения 30 сентября, заключительное голосование по которому было проведено 11 октября 2021.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии с п. 3 статьи 113 Экологического кодекса, директивой 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и /или сбросах (о комплексном предупреждении и контроля загрязнений), а также методологией отнесения к НДТ, отраженной в разделе 2 настоящего справочника по НДТ.

Был проведен анализ и систематизация информации промышленности в целом, о количестве добываемых и используемых внутри страны топливно-энергетических ресурсов, распределение их потребления в самых энергоемких отраслях, о применяемых в отрасли технологиях и оборудовании.

Данные из промышленных источников были предоставлены некоторыми предприятиями ряда энергоемких отраслей (энергетики, черной и цветной металлургии, нефте- и газодобычи и -переработки, неорганической химической промышленности, производства цемента).

Еще одним важным источником информации были замечания, комментарии и вопросы членов ТРГ к двум предварительным вариантам проекта настоящего документа. В ходе всего процесса обсуждения СНДТ со стороны ТРГ было представлено 76 вопросов и комментария.

При подготовке документа количественные данные о результатах применения были доступны лишь для небольшой части конкретных методов; имелись лишь ограниченные данные об ориентировочных объемах энергосбережения для некоторых комплексных подходов и примеров. Полученные из отчетов по энергоаудиту отдельных предприятий показатели представляли собой большей частью суммарные или усредненные данные по расходу энергоресурсов, представленные по всему предприятию, зачастую включающего в себя несколько видов деятельности, входящих в первый раздел второго приложения к Экологическому кодексу. Поэтому оказалось невозможным привести количественные оценки повышения энергоэффективности для многих методов, перечисленных в настоящем документе, хотя некоторые ориентировочные значения приведены при описании отдельных методов. Предполагается, что эти сведения могут дать представление о диапазонах возможного энергосбережения при применении тех или иных методов на уровне предприятия. К сожалению, в связи со сложившейся санитарно-эпидемиологической ситуацией не удалось провести запланированные изначально встречи с представителями предприятий промышленности, на которых распространяется требования КЭР, а также посещения промышленных объектов.

По итогам подготовки справочника были сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником по НДТ и внедрения НДТ:

1. Эффективный контроль технологических процессов: конкретные методы и параметры должны быть проработаны в составе вертикальных справочных документов.

2. Отраслевые НДТ по энергоэффективности логичнее указать в отраслевых "вертикальных" справочниках НДТ по мере уточнения всех данных по отраслям.

3. СНДТ РК по энергетической эффективности должен быть отнесен скорее к концептуальному документу, с перечислением общих НДТ.

4. Необходимо обеспечить более активное участие предприятий, которые могут быть отнесены к объектам I категории, информационном обмене для обеспечения качества справочника при его пересмотре в будущем, которое рекомендуется провести после того, как будут разработаны все отраслевые справочники НДТ. В результате этой работы в будущем должна возникнуть система перекрестных ссылок отраслевых и

межотраслевых справочников, которая позволит максимально закрыть возможные "упущения" в отношении внедрения НДТ, облегчит понимание особенностей внедрения "вертикальных" и "горизонтальных" НДТ, а также будет способствовать тому, что справочники будут более компактными.

5. Мониторинг и измерения являются важнейшими факторами обеспечения энергоэффективности. Хотя полученные данные, приведенные в соответствующем разделе, являются полезными, они не отражают всего диапазона методов, которые могут применяться во всех отраслях. Было бы полезным включить информацию по методам, применимым в конкретных отраслях, в соответствующие вертикальные справочные документы, как в форме описаний, так и в виде ссылок на настоящий документ.

6. При подготовке настоящего документа имел место недостаток конкретных сведений о затратах и выгодах, связанных с применением большинства методов. Получение такой информации представляет особую сложность в контексте горизонтального справочного документа, поскольку масштаб и цели применения методов в различных отраслях могут существенно различаться.

7. Пробелы, перечисленные выше, должны быть восполнены при помощи дополнительной информации при разработке отраслевых (вертикальных) или других национальных горизонтальных справочных документов по НДТ.

8. При разработке отраслевых справочников по НДТ необходимы более полные данные по характерным величинам энергопотребления и/или энергоэффективности как от промышленных предприятий с разбивкой по конкретным технологическим процессам, так и от производителей оборудования. Это позволит оценивать энергоэффективность процессов самого предприятия, а также имеющиеся резервы и возможности энергосбережения, экономические и экологические выгоды от внедрения нового оборудования. Указанные данные должны быть приведены в форме, учитывающей специфику конкретной отрасли и различия между новыми и существующими предприятиями, а также, если это применимо, другие различия между установками/процессами, региональные различия и т.д. Кроме того, необходимо обеспечить наличие данных по характерным затратам на внедрение описываемых методов. Эти данные могут быть получены, в частности, от пользователей, производителей и поставщиков технологий, оборудования и установок.

## **Библиография**

1. Финансовый климат в Республике Казахстан. Исследовательский центр компании "Делойт" в СНГ 2019.

2. <https://articlekz.com/article/14046>.

3. [https://forbes.kz/process/energetics/44\\_gosudarstvennogo\\_byudjeta\\_kazahstana\\_formiruet\\_neftegazoviy\\_sektor/](https://forbes.kz/process/energetics/44_gosudarstvennogo_byudjeta_kazahstana_formiruet_neftegazoviy_sektor/).

4. [https://www.banki.ru/wikibank/neftyanaya\\_promyshlennost\\_kazahstana/](https://www.banki.ru/wikibank/neftyanaya_promyshlennost_kazahstana/).
5. Евразийская Экономическая Комиссия, Департамент промышленной политики. Информация о результатах анализа состояния и развития отрасли черной металлургии государств – членов Евразийского экономического союза. Москва 2015.
6. Стратегический план 2025 РК, <https://primeminister.kz/ru/documents/gosprograms/stratplan-2025>.
7. Перечень зарегистрированных юридических лиц, филиалов и представительств по регионам Республики Казахстан (stat.gov.kz).
8. <https://qazindustry.gov.kz/ru/article/1837-obem-proizvodstva-v-gmk-v-kazahstane-v-yanvare-2021-goda-sostavil-7464-mlrd-tenge>.
9. Ким В. Состояние и перспективы угольной промышленности Казахстана. Журнал РК “Горно-металлургическая промышленность” 30 августа 2017.
10. Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан за 2019 г. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан.
11. Национальный энергетический доклад 2019, ОЮЛ Казахстанская ассоциация организаций нефтегазового и энергетического комплекса "KAZENERGY", [https://www.kazenergy.com/upload/document/energy-report/NationalReport19\\_ru.pdf](https://www.kazenergy.com/upload/document/energy-report/NationalReport19_ru.pdf).
12. Химия, официальный сайт АО "Казахстанский центр индустрии и экспорта "QazIndustry", <https://qazindustry.gov.kz/ru/analytics>.
13. <https://www.primeminister.kz/ru/news/v-2021-godu-budut-zapushcheny-tri-novyh-proekta-kotorye-velichat-obemy-proizvodstva-obrabatyva-162536>.
14. KazDATA. Анализ рынка: производство строительных материалов в Казахстане. Авг 7, 2018 / обновлено: май 2021 <https://blog.kazdata.kz/companies/analiz-rynka-proizvodstvo-stroitelnyx-materialov-v-kazahstane-obzor-proizvoditelej.html>.
15. Керембаев А.Т. Отчет по результатам маркетингового исследования "Производство строительных материалов и прочей не металлической минеральной продукции. Производство цемента, извести и строительного гипса. Нур-Султан, 2020.
16. <https://kursiv.kz/news/otraslevye-temy/2021-02/cementnaya-otrasl-kazahstana-nakhoditsya-v-krizise-pereproizvodstva>.
17. <https://www.iea.org/sankey/#?c=Kazakhstan&s=Balance>.
18. Годовой отчет АО КОРЭМ за 2019.
19. Статистические данные.
20. Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан за 2019 г. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан.



21. Комитет по статистике МНЭ РК, Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан, 2019 год, Статистика энергетики и товарных рынков, 5 серия; часть 1, 1 глава.

22. Комитет по статистике МНЭ РК, Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан, 2015–2019 год, Статистика энергетики и товарных рынков, 5 серия; часть 2, С20 Производство продуктов химической промышленности.

23. Комитет по статистике МНЭ РК, Экспресс-информация, Итоги работы промышленности в 2015–2019 год, Производство продуктов химической промышленности.

24. Статистика [https://stat.gov.kz/ecologic/energy\\_intensity?lang=ru](https://stat.gov.kz/ecologic/energy_intensity?lang=ru).

25. Стратегия низкоуглеродного развития РК.

26. Новая редакция Экологического кодекса.

27. Решение Комиссии Для Исполнения (постановление) 2012/119/ЕС от 10 февраля 2012 года, устанавливающее правила, касающиеся руководства по сбору данных и составлению справочных документов по НДТ и обеспечению их качества, о которых говорится в Директиве Европейского парламента и Совета 2010/75 / Е ЕС по вопросам промышленных выбросов.

28. ОЭСР – Бюро НДТ, 2020. Наилучшие доступные технологии (НДТ). Предотвращение и контроль промышленного загрязнения. Этап 4: Руководство по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ (перевод с английского).

29. <https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/guidance-document-on-determining-best-available-techniques-russian.pdf>.

30. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. Эколайн, 2012 (Перевод документа: European Commission. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009).

31. Проект "Повышение энергоэффективности в Казахстане" (eenergy.media).

32. Энергоаудит в Казахстане: состояние и перспективы (eenergy.media).

33. Государственный энергетический реестр (eenergy.media).

34. Обзор государственной политики РК в области энергосбережения и повышения энергоэффективности.

35. ИТС-26. "Производство чугуна, стали и ферросплавов".

36. BREF Ferrous Metals Processing Industry. European Commission 12.2001.

37. [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/ee21/EE21\\_Subregional\\_projects/KazakhstanTurkmenov-Rus02a.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/ee21/EE21_Subregional_projects/KazakhstanTurkmenov-Rus02a.pdf).

38. Результаты КТА по энергетике.

39. Е.Г. Гашо. Разработка методологии совершенствования промышленных и коммунальных теплоэнергетических систем. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва 2018.

40. Анализ отраслевой статистики РК, диаграммы ТЭБ.

41. С.В. Гужов. Пакетное энергосберегающее решение для реализации энергосервисных контактов в бюджетной сфере. Энергосовет № 3 (40) 2015.

42. Энергоэффективность источников света. Методические рекомендации по расчету энергопотребления и экономии электроэнергии в светительных установках предприятий. <http://www.cbias.ru/terias/cont/div04/meth/metodiki>.

43. ИТС 48-2017 "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности".

44. ИТС 28-2017 "Добыча нефти", приложение Г.

45. ИТС 30–2017 "Переработка нефти", приложение Г

46. СНДТ РК "Переработка нефти и газа".

47. СНДТ РК "Сжигание топлива на крупных установках с целью производства энергии (проект).2021", НДТ 2.1 – НДТ 2.21.

48. СНДТ РК "Производство цемента и извести".

49. Всемирный банк. 2021. Меняющееся богатство наций 2021: Управление активами для будущего.

50. Заявление премьер-министра. Источник: Официальный информационный ресурс Премьер-Министра Республики Казахстан, <https://primeminister.kz/ru/news/pravitelstvo-podvelo-itogi-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-za-2019-god-i-postavilo-zadachi-na-2020-god>.

51. OECD. The standard method for calculating the cost of mortalities. 2016

52. ECO/WKP(2019)54: The economic cost of air pollution: Evidence from Europe. OECD - The analysis combines satellite-based measures of air pollution with statistics on regional economic activity.

53. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов за 2019 год - Единый экологический интернет-ресурс (ecogofond.kz).

54. ППРК от 13 января 2021 года № 6 "Об утверждении Национального плана распределения квот на выбросы ПГ Казахстана, 2021, Об утверждении Национального плана распределения квот на выбросы парниковых газов на 2021 год - ИПС "Эділет" (zan.kz).

55. f0576b51115315b5be3c51fc8d306655.pdf (kazenergy.com) – интервью исполнительный директор ассоциации "Kazenergy" Яромир Рабай, 2021.

56. Forbes Kazakhstan - Сингапурская компания выкупает казахстанский цементный завод.

57. Оторви на выброс: экоконтроль обойдется бизнесу в 300 млрд | Статьи | Известия (iz.ru).

## Источники НДТ

1. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. Эколайн, 2012 (Перевод документа: European Commission. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009).

2. ИТС 48-2017 "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности".

3. Производство специальных неорганических химикатов (Production of Speciality Inorganic Chemicals, СНДТ 08.2007).

4. Производство основных органических химических веществ (Production of Large Volume Organic Chemicals, ЗНДТ 12.2017; СНДТ 12.2017).

5. Производство продукции тонкого органического синтеза (Manufacture of Organic Fine Chemicals, СНДТ 08.2006).

6. Производство полимеров (Production of Polymers, СНДТ 08.2007).

7. Производство чугуна и стали (Iron and Steel Production, ЗНДТ 03.2012; СНДТ 2013).

8. Промышленность по переработке черных металлов (Ferrous Metals Processing Industry, СНДТ 12.2001, 1. проект нового справочника 03.2019).

9. Цветная металлургия (Non-Ferrous Metals Industries, ЗНДТ 06.2016, СНДТ 2017).

10. Производство меди: ИТС НДТ 3-2019.

11. Производство алюминия: ИТС НДТ 11-2019.

12. Производство никеля и кобальта: ИТС НДТ 12-2019.

13. Производство свинца, цинка и кадмия: ИТС НДТ 13-2020.

14. Производство драгоценных металлов: ИТС НДТ 14-2020.

15. Производство редких и редкоземельных металлов: ИТС НДТ 24-2020.

16. Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы: ИТС 16-2016.

17. Добыча и обогащение руд цветных металлов: ИТС 23-2017.

18. Добыча драгоценных металлов: ИТС 49-2017.

19. Добыча и обогащение угля: ИТС 37-2017.

20. Добыча и обогащение железных руд: ИТС 25-2017.

21. Производство чугуна, стали и ферросплавов: ИТС 26-2017.

22. Производство изделий дальнейшего передела черных металлов: ИТС 27-2017.

23. Проект СНДТ РК "Сжигание топлива на крупных установках с целью производства энергии (проект) 2021".

24. ИТС 28-2017 "Добыча нефти".

25. ИТС 30-2017 "Переработка нефти".

26. СНДТ РК "Переработка нефти и газа (проект)" 2021.

Приложение 1  
к справочнику по наилучшим  
доступным техникам  
"Энергетическая эффективность  
при осуществлении  
хозяйственной и (или)  
иной деятельности"

## **Определение границ**

Адаптация справочного документа по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности 2009, главы 1.3.1–1.3.5, 1.4, 1.5.1, 1.5.2.9 (перевод документа Эколайн, 2012, стр. 20–27, 33–45, 51).

### **1. Определения энергоэффективности и повышения энергоэффективности**

"Энергоэффективность" – широко используемый термин качественного характера, обозначающий средство достижения различных целей, в т.ч. целей национальной и международной политики, а также цели бизнеса. Понятие "энергоэффективность" используется без строгого определения, в результате чего [термин] "энергоэффективность" может означать разные вещи в различные моменты времени, в различных местах и обстоятельствах. В ситуациях, когда требуется выразить энергосбережение количественно, отсутствие общепринятого определения является серьезным препятствием, особенно в случаях сравнительного анализа крупных предприятий или отраслей промышленности.

Например, в нефтехимической промышленности в качестве одной из характеристик энергоэффективности используется понятие "коэффициента энергоемкости" (далее – КЭЕ). Следует иметь в виду, что экономисты, как правило, понимают под КЭЕ отношение потребленной энергии к какой-либо денежной величине, например, обороту компании, добавленной стоимости, на уровне национальной экономики ВВП и т.п. Однако, в связи с тем, что денежный объем выпуска, как правило, с течением времени растет, значение КЭЕ может уменьшаться, хотя на самом деле энергоэффективность не увеличивается (если не использовать пересчета в неизменные цены). Поэтому следует избегать использования этого показателя при обсуждении фактических показателей энергоэффективности установки.

Поскольку КЭЕ и НДТ относятся к производственным процессам в рамках установки, в центре внимания настоящего документа находится фактическая энергоэффективность. При рассмотрении отдельных технических методов также обсуждаются вопросы экономической эффективности, но в основном на уровне объекта I категории (установки). Поэтому вопросы жизненного цикла продукции и сырья в настоящем документе не рассматриваются, хотя они и имеют значение с точки

зрения общей эффективности использования ресурсов (эти вопросы рассматриваются в программных документах, стратегии развития соответствующей отрасли промышленности и других документах подобного уровня).

Энергоэффективность (и ее противоположность – неэффективность) в контексте установок может рассматриваться двумя способами, которые определяются следующим образом:

1. Отношение затрат энергии к выходу технологического процесса (количеству произведенной продукции, услуг, работы или другой формы энергии), т.е. "удельное энергопотребление" (далее – УЭП). Если выход продукции измеряется в единицах массы, то, как правило, УЭП имеет размерность ГДж/т. В качестве показателя УЭП могут использоваться и другие отношения, такие, как затраты энергии на  $m^2$  (например, при покрытии рулонной стали), затраты энергии на одного работника и т.д.

Для энергопроизводящих установок (например, электростанций) более уместным может быть использование в качестве показателя энергоэффективности КПД установки – отношения произведенной энергии (ГДж) к подведенной энергии (ГДж).

В силу законов термодинамики доля полезно используемой в процессе энергии никогда не достигает 100 %. В основе этого вида неэффективности лежат различные формы термодинамической необратимости, в т.ч. связанные с передачей энергии при помощи теплопроводности, конвекции или излучения (тепловая необратимость). Например, теплопередача подразумевает не только передачу тепла в желаемом направлении (соответствующему участку технологического процесса), но и рассеяние через стенки реактора или печи, и т.п. Тем не менее, существуют разнообразные методы снижения потерь, многие из которых обсуждаются в настоящем документе.

2. Рациональное (или эффективное) использование энергии – использование энергии в оптимальных количествах, необходимым образом и в то время, когда это необходимо. Неэффективность (нерациональное и неэффективное использование) является результатом неоптимального соотношения между затратами энергии и потребностью в ней, что может быть следствием таких причин, как неадекватные проектные решения, эксплуатация или техническое обслуживание; эксплуатация оборудования (например, систем освещения) в отсутствие потребности в нем; реализация технологических процессов при температуре выше необходимой; отсутствие мер по адекватному сохранению энергии и т.д.

#### Повышение энергоэффективности

Этот показатель обычно определяют, как повышение эффективности конечного использования энергии в результате технологических изменений, экономических изменений и/или изменений в поведении. Таким образом, повышение энергоэффективности может проявляться в форме:

неизменного выхода процесса (объема продукции) при сокращении потребления энергии;

увеличения выхода процесса при неизменном потреблении энергии;

такого увеличения выхода процесса, которое в относительных единицах превосходит соответствующее повышение потребления энергии.

Основное назначение показателей энергоэффективности состоит в обеспечении возможности отслеживать изменение энергоэффективности данной производственной установки или технологического процесса с тем, чтобы определить влияние реализованных мероприятий и проектов по повышению энергоэффективности на энергетические характеристики процесса/установки. Для мониторинга и сравнения энергоэффективности системы, процесса или установки может использоваться "индекс энергоэффективности" (далее – ИЭЭ), который оценивает изменения энергоэффективности на протяжении заданного периода (см. далее "Периодичность"). Этот показатель определяется посредством деления базового УЭП ( $УЭП_{баз}$ ) на УЭП рассматриваемого процесса или установки. В качестве базового УЭП может использоваться либо эталонное значение, принятое в отрасли, к которой относится рассматриваемый технологический процесс, либо УЭП рассматриваемого процесса в принятом базовом году. ИЭЭ представляет собой безразмерную величину.

С повышением энергоэффективности величина УЭП снижается, а величина ИЭЭ – увеличивается. Поэтому задачей менеджмента энергоэффективности является достижение минимально возможного УЭП и максимально возможного ИЭЭ.

#### Периодичность

Следует выбрать адекватную периодичность определения показателей энергоэффективности. При ежечасной оценке показатель энергоэффективности может в случае непрерывного процесса существенно варьировать и быть неприменимым в случае периодического процесса. Эти вариации сглаживаются при расчете показателя за более длительные периоды, например, месяцы или годы. Однако следует отметить, что учет вариаций энергоэффективности за меньшие периоды является необходимым, поскольку он может способствовать выявлению возможностей для энергосбережения.

#### Региональные факторы

Энергозатраты на отопление и охлаждение представляют собой пример факторов энергоэффективности, носящих региональный характер. Как правило, потребности в отоплении выше на севере, а в охлаждении – на юге. Это влияет на объемы энергопотребления – например, зимой на северных предприятиях по переработке отходов требуется дополнительная энергия для поддержания надлежащей температуры отходов, а сохранение свежести пищевых продуктов на юге требует больше энергии летом.

Региональные и местные вариации климата накладывают и другие ограничения на энергоэффективность. Например, КПД систем охлаждения мокрого типа зависит от температуры наружного воздуха и т.д.

## **2. Практическое применение показателя энергоэффективности**

Определение показателя УЭП, который наиболее часто используется в промышленности, выглядит обманчиво простым. Однако опыт количественного определения показателей в процессе мониторинга показывает, что для лучшего определения и оценки энергоэффективности необходим продуманный систематический подход.

Ситуацию осложняют несколько факторов, в частности:

учет энергии разными компаниями или сотрудниками не всегда ведется одинаковым образом или на основе одних и тех же параметров;

часто возникает необходимость оценить вклад энергоэффективности отдельного технологического процесса в общую энергоэффективность производственного объекта, на котором реализуется несколько технологических процессов;

полученные в ходе учета данные не содержат информации о том, насколько эффективно произведена полученная из-за пределов системы используемая в ней энергия, а также о том, насколько эффективно используется энергия, поставляемая за пределы системы.

Информативные и практически полезные показатели энерго-эффективности должны обеспечивать сопоставимость, например, с другими производственными единицами или установками, или с другими периодами времени. При этом важно иметь в виду, что обеспечение сопоставимости требует наличия определенных правил или соглашений. Так, в случае сравнения энергоэффективности особо важным является определение границ систем, которое должно обеспечить равные условия для всех сопоставляемых единиц.

Для целей комплексного предотвращения и контроля загрязнений (т.е. при определении НДТ и выдачи КЕР) энергоэффективность может рассматриваться:

на уровне установки, в процессе выдачи разрешения, когда может рассматриваться энергоэффективность:

установки в целом;

отдельных технологических процессов, производственных единиц и/или систем;

на государственном или региональном уровне, для отрасли промышленности или вида деятельности, при определении значений (ориентиров) энергоэффективности, связанных с НДТ.

Применимость различных методов и показателей энергоэффективности должна анализироваться в контексте отрасли промышленности и типа технологического процесса, а в некоторых случаях – в контексте конкретной установки. Все промышленные установки имеют свои индивидуальные особенности. Существуют

различия в используемом сырье, конкретных технологиях, качестве и составе выпускаемой продукции, методах мониторинга и т.д. Возраст установки также может существенно влиять на энергоэффективность: как правило, новые установки характеризуются более высоким уровнем энергоэффективности, чем старые. Принимая во внимание весь диапазон факторов, влияющих на энергоэффективность, можно сделать вывод, что сопоставление различных установок при помощи показателей энергоэффективности может привести к ошибочным выводам, особенно в случаях, когда учесть все значимые переменные надлежащим образом на практике затруднительно (или даже невозможно).

При оценке энергоэффективности может оказаться полезной следующая последовательность действий:

оценить производственный объект (установку) с целью определения того, может ли быть выработан удельный показатель использования энергопотребления для объекта в целом;

разбить объект на основные и вспомогательные производственные единицы в том случае, если удельный показатель для объекта в целом установить невозможно, или такая разбивка полезна для анализа энергоэффективности;

определить показатели для каждой производственной единицы, а также для объекта в целом или его части;

рассчитать принятые удельные показатели, зафиксировать в документации процесс их определения и расчета, и периодически повторять расчет показателей, отмечая любые изменения с течением времени (например, изменения в составе выпускаемой продукции или производственном оборудовании).

### **3. Значимость систем и границ систем**

Наилучшая энергоэффективность промышленного предприятия в целом не обязательно достигается в результате оптимизации энергоэффективности его компонентов по отдельности. Действительно, в случае оптимизации каждого процесса независимо от других процессов на том же предприятии возможна, например, ситуация, когда избыточный пар, образующийся на одном из этапов производства, приходится выпускать в атмосферу. Рассмотрев возможности интеграции компонентов производства, можно добиться оптимального баланса между существующими потребностями и ресурсами, и обеспечить сокращение общего энергопотребления объекта, направляя пар, образующийся в рамках одного из процессов, для удовлетворения потребностей другого процесса.

Поэтому синергетический эффект может быть достигнут посредством последовательного рассмотрения (в следующем порядке):

1. Производства в целом с учетом взаимосвязей различных процессов и/или систем (например, компрессорных систем и систем отопления). Для определения энергоэффективности предприятия в целом его следует разделить на компоненты, в



числе которых будут как компоненты, обеспечивающие основной технологический процесс, так и вспомогательные компоненты (см. рисунок 1). Этот анализ может включать рассмотрение возможностей снижения энергоэффективности отдельных технологических процессов или производственных единиц для достижения оптимальной энергоэффективности производства в целом. Должна быть оценена эффективность процессов, подразделений, вспомогательных производств и видов деятельности, даже если их состояние в настоящий момент представляется адекватным.

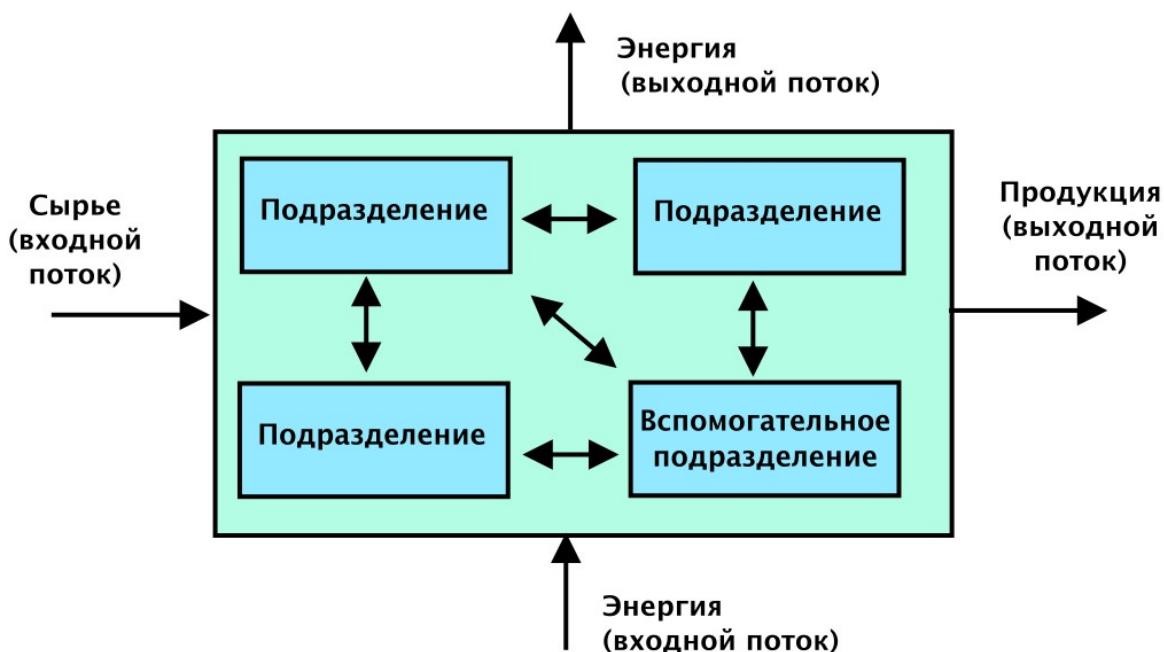


Рисунок 1. Поток энергии, связанные с деятельностью предприятия (Эколайн 2012 )

2. Возможностей для оптимизации отдельных процессов и/или систем (например, системы снабжения сжатым воздухом, системы охлаждения, паровой системы). Для понимания значения анализа на уровне систем при оптимизации энергоэффективности важно представлять, каким образом определение системы и ее границ способно повлиять на деятельность по повышению энергоэффективности.

Кроме того, расширяя границы системы за пределы деятельности предприятия и обеспечивая интеграцию промышленного производства и потребления энергии с потребностями коммунального хозяйства за пределами объекта, можно достичь дальнейшего повышения энергоэффективности. Примером может служить когенерация с поставкой низкопотенциальной энергии для отопления прилегающих районов.

На рисунке 2 представлен пример входных и выходных потоков производственной единицы, реализующей простой технологический процесс. Для простоты

предполагается, что в рамках процесса не производится энергия, поставляемая внешним потребителям, процесс использует один вид сырья и производит один вид продукции. Процесс использует пар, электроэнергию и топливо.

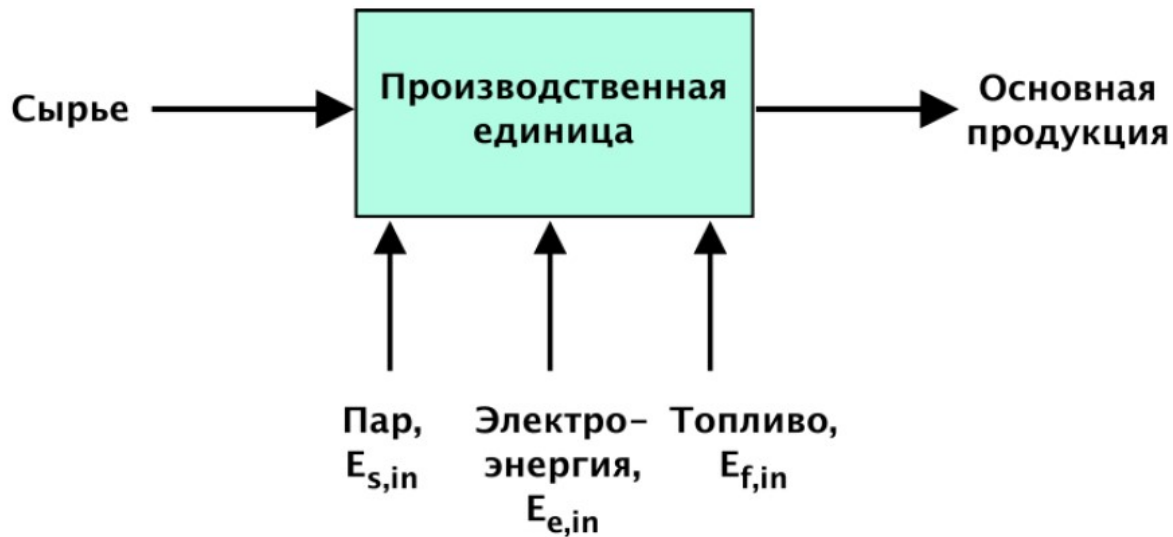


Рисунок 2. Потоки энергии в случае простого технологического процесса (Эколайн 2012)

УЭП данного процесса определяется по следующей уравнение:

$$УЭП = \frac{E_{s,in} + E_{e,in} + E_{f,in}}{P}$$

где:

$E_{s,in}$  – подводимая к процессу энергия пара, используемая для производства количества продукции  $P$ ;

$E_{e,in}$  – подводимая к процессу электроэнергия, используемая для производства количества продукции  $P$ ;

$E_{f,in}$  – подводимая к процессу энергия топлива, используемая для производства количества продукции  $P$ ;

$P$  – количество произведенной продукции.

Важно, чтобы при использовании уравнения различные потоки энергии были приведены к первичной энергии, причем на основе одной и той же методики.

На рисунке 3 представлена более сложная ситуация, в которой имеют место как энергия, поставляемая за пределы системы, так и регенерация топлива в пределах

подразделения или процесса. Этот пример демонстрирует принципы, применимые, с соответствующими уточнениями, ко многим предприятиям.

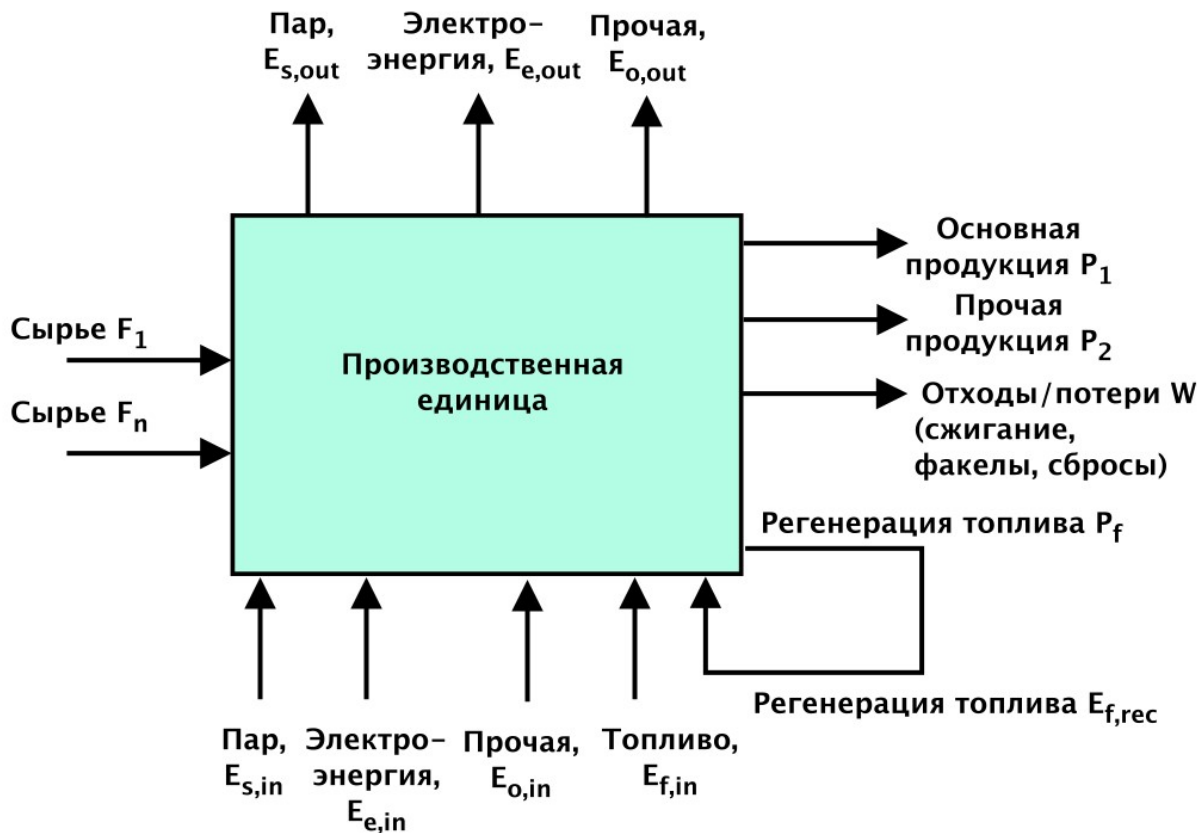


Рисунок 3. Потoki энергии производственной единицы (процесса) (Эколайн 2012)

Общее уравнение применимо к любым технологическим процессам, производственным подразделениям или установкам, однако различные ее компоненты необходимо адаптировать к каждому конкретному случаю:

$$УЭП = \frac{(E_{s,in} + E_{e,in} + (E_{f,in} + E_{f,rec}) + E_{o,in}) - (E_{s,out} + E_{e,out} + E_{f,out})}{P_1}$$

Потоки сырья и продукции ( $F_{1-n}$ ,  $P_1$ ): на рисунок Пр2.3 потоки от  $F_1$  до  $F_n$  ( $F_{1-n}$ ) представляют собой различные виды сырья, используемого при производстве основной продукции  $P_1$ , а также сопутствующей продукции. Потоки сопутствующей продукции разделены на две группы: продукция, которая возвращается в процесс в качестве топлива ( $P_f$ ), и остальные виды сопутствующей продукции ( $P_2$ ).

Потоки энергии ( $E_{in}$ ,  $E_o$ ) представляют различные виды энергии, подводимые к процессу или поставляемые за его пределы. На Рисунок Пр2.3 входные и выходные

потоки энергии представлены в вертикальном направлении. Рассматриваются следующие потоки энергии:

$E_s$  – пар и/или горячая вода; на производстве может использоваться несколько типов пара (различающихся давлением и/или температурой), каждый тип пара вносит собственный вклад в энергопотребление и энерго-эффективность процесса, все виды пара следует включить в величину  $E_s$ . Горячая вода, если таковая используется в процессе (или производится и поставляется другому процессу или производственному предприятию), должна учитываться аналогичным образом.

$E_e$  – подводимая электроэнергия;

$E_f$  – топливо (газообразное, жидкое, твердое). Проводится различие между топливом  $E_{f,p}$ , получаемым из внешних источников, и топливом  $E_{f,rec}$ , которое регенерируется и возвращается в технологический процесс. Топливо, производимое в качестве продукции для использования за пределами процесса, рассматривается как  $P_1$  или  $P_2$ , а не как  $E_{f,out}$ . Такой подход является стандартным в нефтепереработке и нефтехимической промышленности. В других отраслях могут быть приняты иные подходы.

$E_o$  – прочее: в этот поток включаются любые вспомогательные ресурсы, для производства которых требуется энергия. Примерами являются горячее масло, охлаждающая вода, сжатый воздух и азот (если эти ресурсы потребляются в технологическом процессе). Например, энергия требуется для подготовки охлаждающей воды (энергия используется для приведения в действие насосов, обеспечивающих циркуляцию воды, а также вентиляторов градирен).

Материальные потоки отходов ( $W$ ) и потери энергии: в каждом технологическом процессе имеет место образование некоторого количества отходов, а также потери энергии. Образующиеся отходы могут быть твердыми, жидкими или газообразными; способы обращения с ними могут включать:

размещение на полигоне (только твердые отходы);

сжигание с утилизацией энергии или без такового;

использование в качестве топлива в процессе ( $P_f$ );

рециклирование.

Потери энергии, имеющие место, например, при сжигании топлива, включают:

тепло дымовых газов;

потери в форме теплового излучения стен зданий и сооружений;

тепло удаляемых шлаков и золы уноса;

не окислившееся горючее вещество в материалах, сгоревших не полностью (механический и химический недожег) и недополученное за счет этого тепло.

Измерение или оценка. Общее уравнение подразумевает, что нам известны величины различных потоков энергии, подводимых к технологическому процессу. Однако в контексте типичного технологического процесса не всегда измеряются объемы потребления всех энергоресурсов, включая вспомогательные (например, охлаждающей воды, сжатого воздуха, пара для турбин и подогрева трубопроводов и т.д.). Часто измеряются лишь основные входные потоки для целей управления технологическим процессом (например, пар, подводимый к подогревателю, или топливо, подаваемое в печь). Таким образом, общее энергопотребление процесса представляет собой сумму различных видов энергопотребления, некоторые из которых могут измеряться, а другие – "оцениваться". Правила оценки должны быть определены и документированы прозрачным образом.

3. Наконец, возможности для оптимизации отдельных узлов и элементов систем (например, электродвигателей, насосов, клапанов).

В нижеследующих примерах рассматриваются отдельные компоненты, подсистемы и системы, а также обсуждаются возможные подходы к оценке улучшения показателей энергоэффективности. Примеры основаны на типичных материалах оценки энергоэффективности в рамках компании. Они иллюстрируют эффекты узкого подхода к определению энергоэффективности (на уровне отдельных компонентов или подсистемы, а не системы в целом).

#### Система 1. Электродвигатель.

Компания провела обследование существующих электроприводов. Было установлено, что мощность, потребляемая существующим электродвигателем, составляет 100 кВт. КПД двигателя равен 90 % и, как следствие, его механическая мощность составляет 90 кВт.

С целью повышения энергоэффективности двигатель был заменен на новый с более высоким КПД равен 93,7 %. Вследствие более высокого КПД электрическая мощность, необходимая для создания требуемой механической мощности (90 кВт), составляет 96 кВт. Таким образом, повышение энергоэффективности составляет 4 кВт (100 – 96) или 4 % (4 / 100).

#### Система 2. Электродвигатель и насос.

Электродвигатель приводит в движение насос, подающий охлаждающую воду в систему охлаждения. В данном примере двигатель и насос рассматриваются как единая подсистема. Полезная мощность данной подсистемы представляет собой гидравлическую мощность, обеспечивающую поток и необходимое давление охлаждающей воды.

Если при замене электродвигателя (параметры те же, как в случае Системы 1) не заменили насос (см. рисунок 4), то в силу низкого КПД насоса (50 %) полезная мощность Системы 2 будет ограничена величиной 45 кВт (96 кВт \* 93,7 % \* 50 % = 44,976 кВт). Энергоэффективность (КПД) системы 47 % (45 кВт / 96 кВт \* 100 %).

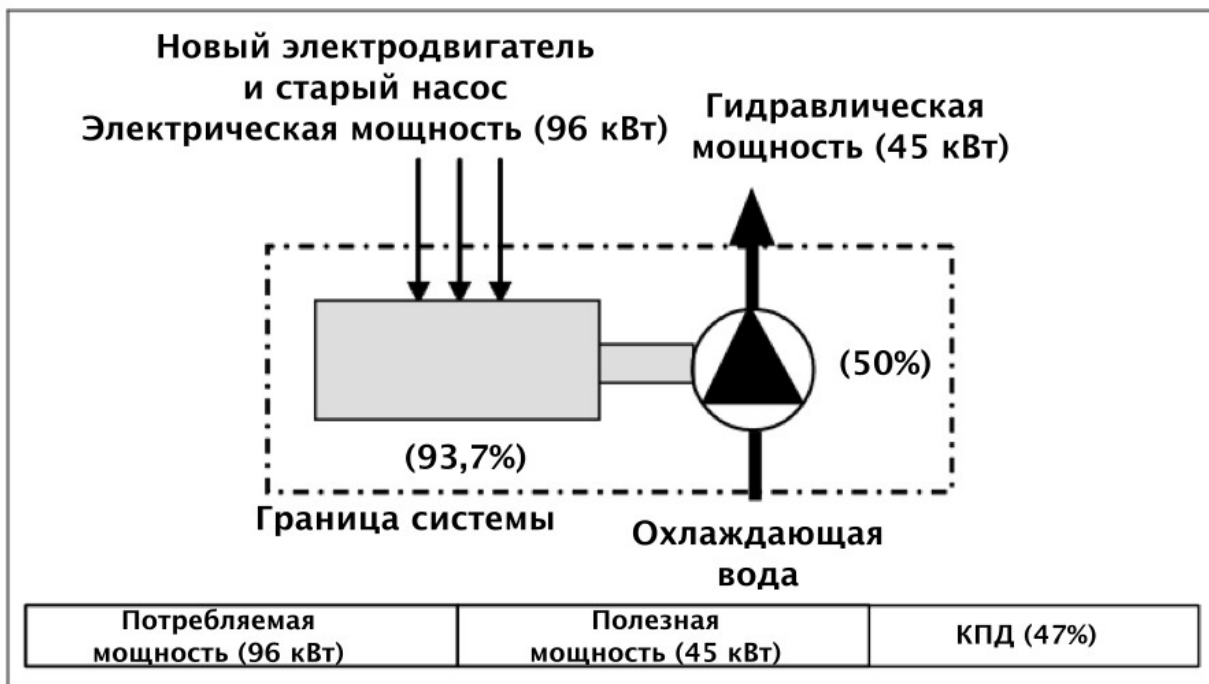


Рисунок 4. Система "новый электродвигатель и старый насос" (Эколайн 2012)  
 Старый насос заменен на новый с КПД 80 % (рисунок 5).

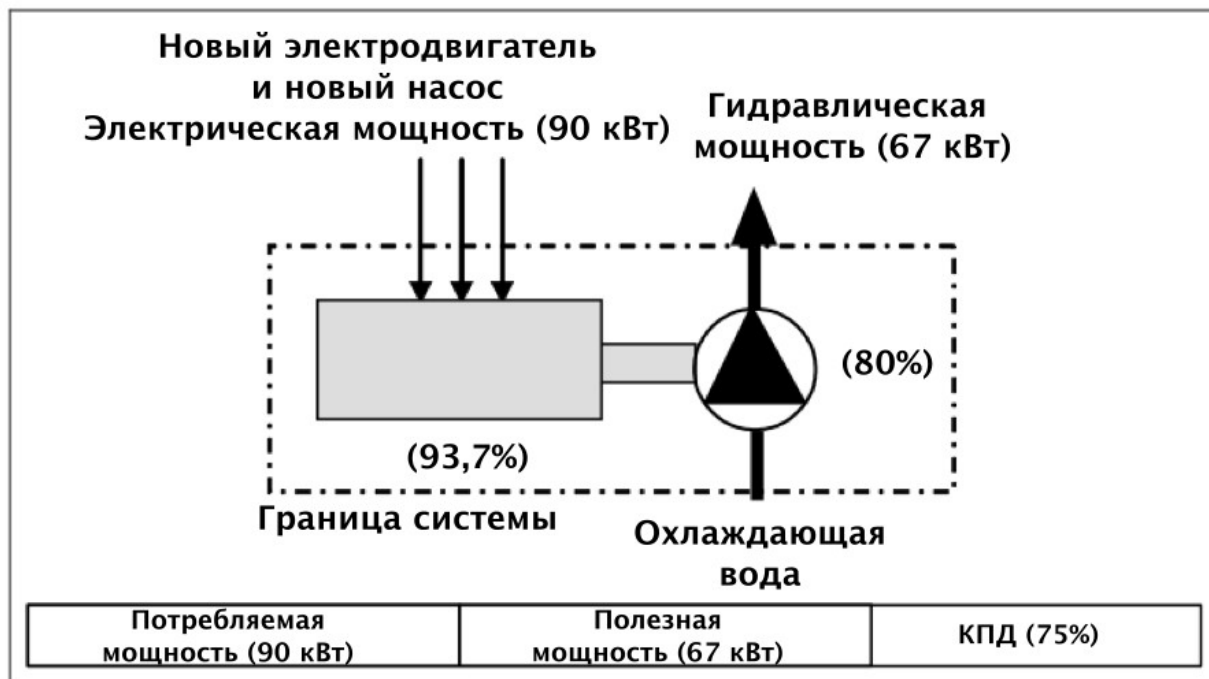


Рисунок 5. Система "новый электродвигатель и новый насос" (Эколайн 2012)  
 Энергоэффективность новой системы (75 %) значительно выше старой (47 %), так как гидравлическая мощность на выходе увеличилась с 45 до 67 кВт. Увеличение энергоэффективности (КПД) может быть представлено как индекс

энергоэффективности (ИЭЭ):  $ИЭЭ = КПД/КПД_{\text{базовый}} = 75/47 = 1.6$  (т.е. энергоэффективность повысилась на 60 %).

Из приведенных примеров видно, насколько важно рассматривать установку как совокупность компонентов – процессов или систем. Максимальная отдача от инвестиций может быть достигнута путем рассмотрения предприятия в целом, а также его взаимосвязанных процессов или систем. Необходимо проанализировать потребности данной системы или подсистемы в энергии, а также возможность выполнения ее функций (например, охлаждения, отопления) измененным или совершенно другим способом с целью повышения энергоэффективности.

В противном случае (как можно видеть на примере систем 1 и 2, рассмотренных выше) результатом оптимизации отдельных компонентов могут стать инвестиции в оборудование неадекватного масштаба, а наиболее существенные возможности повышения энергоэффективности будут упущены.

При анализе процессов или систем следует:

определить их границы и взаимодействия на адекватном уровне;

установить конкретные полезные функции, выполняемые ими, или выпускаемую ими полезную продукцию;

оценить процессы или системы с точки зрения существующих или будущих потребностей в этих функциях или услугах (т.е. не с точки зрения планов минувшего периода).

Оптимизация энергоэффективности установки в целом может означать необходимость сознательного снижения энергоэффективности одной или нескольких систем для достижения максимума общей эффективности (при этом снижение энергоэффективности отдельной системы может быть результатом изменения каких-либо параметров, используемых в расчетных формулах, и не обязательно сопровождается увеличением энергопотребления).

---

Приложение 2  
к справочнику по наилучшим  
доступным техникам  
"Энергетическая эффективность  
при осуществлении  
хозяйственной и (или)  
иной деятельности"

## **Результаты оценки влияния политики перехода на принципы наилучших доступных техник**

Политика перехода промышленности на НДТ по энергоэффективности открывает следующие **возможности для экономики Казахстана**:

снижение энергоемкости прямо пропорционально связано с сокращением интенсивности выбросов парниковых газов в результате сжигания углеводородного

топлива (твердого и газообразного), (углеродоемкости), что позволит уменьшить риск влияния международной климатической политики на конкурентоспособность предприятий-экспортеров Казахстана;

снижение потребления угля и перевод крупных промышленных установок на природный газ сокращает выброс опасных загрязняющих веществ (оксидов азота и серы, а также мельчайших частиц  $TC_{2,5}$ ) в атмосферу, что существенно улучшит качество воздуха в городах, где расположены эти установки, и сократит риск преждевременной смертности людей, вызванной загрязнением атмосферного воздуха, примерно в 3 раза;

положительное влияние на здоровье, продолжительность жизни населения и производительность труда в результате отражается на росте ВВП и показателях стоимости человеческого и природного капитала (SWON), при этом важно принимать во внимание, что человеческий капитал рассматривается как актив, который генерирует поток будущих экономических выгод [48];

сокращение кислотных выбросов в атмосферный воздух и попадание их в водные объекты, сокращение образования твердых отходов и земель под расширение полигонов, позволит остановить критическое падение стоимости природного и человеческого капитала, которое на сегодняшний день по оценкам Всемирного банка составляет 20-30%;

обязательное требование по НДС для новых установок, переход на комплексные экологические разрешения и освобождение от налоговых платежей за эмиссии, улучшит инвестиционный климат в Казахстане и будет способствовать притоку инвестиций в основной капитал, что позволит достичь целевой показатель уровня инвестиций до 30% к ВВП к 2025 году [49].

**Экономические потери в результате отложенного перехода на НДС**, по самым "мягким" оценкам, могут составить:

по человеческому капиталу – потери от 15 тыс. чел. в год преждевременная смерть, вызванная загрязнением атмосферного воздуха от работы ТЭЦ, что оценивается порядка 8580 млн долл. США ежегодно (при расчетах использовали методологию ОЭСР [50] -оценка человеческой жизни US\$930.000 и коэффициент дисконтирования 4%;

по природному капиталу – потери стоимости пастбищных земель (на примере занятия 32 тыс. га для новых полигонов ТБО) оцениваются порядка 215 млрд тенге (500 млн долл. США);

Для сравнения – согласно анализу ОЭСР, общие годовые рыночные затраты на загрязнение атмосферного воздуха (включая снижение урожайности сельскохозяйственных культур, потеря рабочего времени из-за болезни, расходы на здравоохранение) составляют 0,3% мирового ВВП, в то время как затраты от



нерыночных воздействий (преждевременная смерть) составляют 6% от общего дохода [51].

упущенные возможности по прямым иностранным инвестициям: прямые иностранные инвестиции ЕС-28 11 647 млн долл. (только в новые установки; Стратегия низкоуглеродного развития РК, проект);

а также упущенные возможности по экспорту по отдельным отраслям.

### **Вклад в сокращение выбросов парниковых газов**

Согласно данным Национального отчета о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан (2019) в 2018 г. общие национальные выбросы (без учета сектора ЗИЗЛХ) составили 396,570 млн т CO<sub>2</sub>-экв [52].

Национальным планом распределения квот на выбросы парниковых газов на 2021 г. отраслям, подпадающим под переход на НДТ (218 установок), выдано 169,2 млн т CO<sub>2</sub>-экв., в т.ч.:

для электроэнергетической сферы деятельности - 96,7 млн т CO<sub>2</sub>-экв.;

для нефтегазовой – 23,5 млн т CO<sub>2</sub>-экв. (для четырех НПЗ – 4,054 млн т CO<sub>2</sub>-экв.);

для металлургической – 31,31 млн т CO<sub>2</sub>-экв.;

для химической – 1,74 млн т CO<sub>2</sub>-экв.;

для производства цемента, извести, гипса и кирпича – 8,2 млн т CO<sub>2</sub>-экв.

Таким образом, вклад промышленности в национальные выбросы парниковых газов в настоящее время составляет 42,7%.

По оценкам ТРГ, внедрение управленческих решений, направленных на повышение эффективности контроля технологического процесса, контроль работы агрегатов и систем в номинальных режимах (АСУ ТП, SCADA, АСКУЭ, СЭнМ, энергоаудиты) имеет потенциал сокращения потребления топлива в среднем на 10%.

Решения, направленные на повышение степени интеграции производственных процессов и оптимизацию использования энергии в пределах конкретной установки могут иметь существенный потенциал (20-40%), но оценка на уровне отрасли не может быть выполнена с достоверной точностью ввиду разного уровня уже проведенной модернизации как по отраслям, так и между конкретными предприятиями.

Дополнительные существенные резервы можно получить при реализации целей "зеленой" экономики и экономики "замкнутого цикла" (на примере использования отходов ТЭЦ в качестве альтернативного топлива для цементной промышленности).

Использование отходов в качестве топлива.

Обычное ископаемое топливо может быть частично заменено альтернативным топливом (АТ), то есть остатками после сортировки отходов, содержащих твердые или жидкие горючие остатки топлива и/или биомассы. В состав АТ входят

высококалорийные компоненты отходов, такие как пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и пр.

При условии, что содержание опасных составляющих в топливе строго контролируется и не превышает допустимых норм, средний цементный завод может потреблять от 40 до 100 тыс. т/год альтернативного топлива при замещении до 30% основного топлива. Для примера, в 2019 г. цементными предприятиями Турции утилизировано в качестве альтернативного топлива и сырья 2,6 млн т отходов [47].

Если даже только частично реализовать данное направление с введением до 25% шлака и 2,5% горючего вещества, то можно достичь величины  $\sim 130$  кут/т, и снизить выброс  $\text{CO}_2$  в атмосферу на 200 кг/т клинкера.

Таким образом, по экспертным оценкам переход добывающих и перерабатывающих предприятий на НДТ, повышающие энергоэффективность, имеет потенциал сокращения потребления топлива поэтапно от 10% до 20-40%, что в результате может дать сокращение выбросов парниковых газов от 4% до 7,5-18% (без учета новых мощностей, которые планируются к вводу к 2030 г.) [53].

### **Экономические затраты и выгоды при переходе на НДТ**

Переход предприятий на НДТ потребует значительных финансовых затрат, связанных с модернизацией и преобразованием производства, включая установку систем непрерывного мониторинга эмиссий на основных стационарных источниках (с 1 января 2023 г.).

При этом в Концепции по переходу Республики Казахстан к "зеленой экономике" (Указ Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577) отмечено, что:

ежегодная упущенная выгода для экономики без перехода на чистые технологии составляет 4-8 млрд долл. США, и к 2030 году может составить до 14 млрд долларов США;

потенциал экономии энергопотребления составляет 3-4 млрд долларов США в год, а к 2030 году эта цифра может вырасти до 6-10 млрд долларов США в год;

экономические потери, понесенные в результате низкой продуктивности земель, составляют 1,5- 4 млрд долларов США в год, а к 2030 году могут стать еще больше, что может иметь социальные последствия для аграрного сектора, где занято 30-45% населения в таких областях, как Северо-Казахстанская, Алматинская, Южно-Казахстанская;

упущенная выгода от неэффективного управления природными ресурсами может к 2030 году составить до 7 млрд долларов США;

высокий уровень загрязнения воздуха в городах (уровень концентрации твердых частиц в десятки раз превышает подобные показатели в Европейском Союзе) является причиной до 6 тысяч преждевременных смертей в год.

Сравнительная таблица затрат на НДС с упущенными выгодами и потерями при отказе от НДС (отложенной нормы на 10 лет) приведена ниже.

Главный вывод – исследование затрат и выгод Республики Казахстан от реализации политики перехода крупных промышленных установок на НДС показало не только значительную выгоду с точки зрения предотвращения смертности людей, но и прямой экономический эффект.

Таблица 1. Сравнительная таблица затрат на НДС с упущенными выгодами и потерями при отказе от НДС (отложенная норма на 10 лет)

№ п/п	Наименование	Инвестиционные затраты, млрд тенге*	Прямые и косвенные выгоды от внедрения НДС	Экономические потери/ упущенные выгоды при отложенной норме на 10 лет
1	Техническая модернизация промышленных установок (26 компаний основных отраслей - нефтедобыча, горно-металлургический комплекс, теплоэлектроэнергетика и нефтепереработка) (по оценке Национальной палаты предпринимателей РК "Атамекен") [54], в том числе:	3 000 (≈ 7 млрд долл. США)	С учетом новых международных требований по введению пограничного углеродного налога, предприятия-экспортеры должны в ближайшее время пересмотреть свой потенциал сокращения потребления ископаемого топлива;	≈ 85 млрд долл. США Потери стоимости человеческого капитала за 10 лет за счет преждевременных смертей от загрязнения воздуха (см. результаты моделирования) Потери стоимости природного капитала по средней мировой оценке (0,3% от ВВП) (до 5 млрд долл. США)
2	- для нефтегазовой отрасли (включая НПЗ)	1 200 (≈ 2,8 млрд долл. США) (прим. - могут оказаться "застрявшими активами" в результате международной климатической политики)	- глубокая переработка УВ сырья и расширение экспортного потенциала; 178 млн тенге - полученный экономический эффект от реализации 24 проектов на ТОО "АНПЗ" и ТОО "ПНХЗ" по оптимизации	Риски от политики декарбонизации (переход к безуглеродной энергетике): по оценке Международного энергетического агентства к концу текущего десятилетия спрос на газ в ЕС сократится на 8% (от уровня 2019 г.), активы газовой инфраструктуры

			энергетических ресурсов	имеют риск обесценения (пересмотр Газовой директивы ЕС).
3	- новый химический завод	64,500 (≈ 150 млн долл. США)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- получение КЭР и освобождение от платежей за эмиссии;</li> <li>- диверсификация и расширение экспортного потенциала;</li> <li>- создание РВП (региональный валовый продукт) и дополнительных высокопрофессиональных рабочих мест</li> </ul>	
4	- новая химическая установка (расширение производства)	4,300 (≈ 50 млн долл. США) (включая эксплуатационные затраты 18,5 млн долл. и дополнительные расходы на природоохранные мероприятия 35 тыс. долл. США)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- расширение производства и экспортного потенциала;</li> <li>- освобождение от платежей за эмиссии;</li> <li>- эффективное использование существующей инфраструктуры;</li> <li>- создание РВП и дополнительных высокопрофессиональных рабочих мест</li> </ul>	
5	- новый цементный завод мощностью 1,2 млн тонн	55,900 (≈ 130 млн долл. США) [56]	- высокий экспортный потенциал и инвестиционная привлекательность;	300 млн долл. США – экспортный потенциал по цементу (по данным Министерства индустрии и инновационного развития РК [47] с учетом международных климатических политик, конкурентоспособность отрасли будет зависеть от выпуска "зеленого" цемента
			- сокращение потребления ТЭР,	

6	<p>Повышение степени интеграции технологических процессов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- когенерация, утилизация отходящего тепла, др.;</li> </ul>		<p>сокращение себестоимости продукции;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- экономия средств за счет сокращения сжигания угля от реализации ряда мероприятий - от 0,8 млрд тенге до 1,5-3 млрд тенге (на один завод)</li> </ul>	<p>5 млрд тенге (11,647 млн долл. США) упущенные прямые инвестиции в новые установки "зеленой" экономики</p>
7	<p>Теплотехнологические и энерготехнологические агрегаты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- повышение энергетической эффективности топливо-использующих агрегатов и системы топливоснабжения (металлургические процессы)</li> </ul>		<p>- сокращение потребления ТЭР, сокращение себестоимости продукции (стоимость электроэнергии составляет около 40% от всех затрат на примере производства алюминия).</p>	<p>- сокращение выбросов и платежей за загрязнение окружающей среды</p>
8	<p>Система очистки отходящих газов</p>	<p>0,800-2,500 (≈ 2-6 млн долл. США) на одну установку; 3,000 (≈ 7 млн долл. США) (на примере покупки и монтажа двух гибридных фильтров на АО "Алюминий Казахстана"</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение законодательных требований;</li> <li>- сокращение выбросов твердых частиц в атмосферу на 2,4 тыс. т/год (Алюминий Казахстана).</li> <li>- экономические выгоды, связанные с рекуперацией материалов.</li> </ul>	<p>- снижение выбросов в атмосферный воздух до 99,8%</p>
9	<p>АСМ – автоматическая система мониторинга на источниках (установка АСМ на 50-топ установок) по оценкам экспертов для РФ [56]</p>	<p>9,000 (≈ 25 млн долл.) ориентировочно 80 млн тенге (500 тыс. долл) на 1 завод, в т.ч. - инвестиционные – ≈ 120 тыс. долл США) плюс эксплуатационные - 38 тыс.долл США в год [46, табл. 4.7.1]</p>	<p>32 млрд тенге в год</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- освобождение предприятий от платы за эмиссии при переходе на КЭР (по оценкам НПП "Атамекен"); Фактические платежи ПНХЗ – 4,4 млрд тг/год</li> <li>Алюминий Казахстана – 1,9 млрд тг/год</li> <li>- выполнение законодательных</li> </ul>	<p>100-400 млрд тенге (≈230-930 млн долл США) – упущенная выгода от освобождения от выплаты за эмиссии (50-топ установок)</p> <p>В среднем каждое предприятие за 10 лет выплатит от 20 млрд тенге до 80 млрд тенге</p>

		требований до 1.01.2023 г.	
--	--	-------------------------------	--

\* курс доллара = 429,8 тенге (2019-2021 гг)

© 2012. РГП на ПХВ «Институт законодательства и правовой информации Республики Казахстан»  
Министерства юстиции Республики Казахстан