ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ИНФОРМАЦИОННО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ
СПРАВОЧНИК
ПО НАИЛУЧШИМ
ДОСТУПНЫМ
ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС 48 – 2017

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И (ИЛИ) ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Москва
Бюро НДТ
2017

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Введение III
Предисловие V
Область применения 1
Термины, определения и сокращения 3
Обозначения и сокращения 6
Раздел 1. Анализ энергопотребления в ключевых отраслях на объектах I категории. 7
Раздел 2. Определение наилучших доступных технологий, методов и практик повышения энергоэффективности 27
Раздел 3. Резервы повышения энергоэффективности на объектах I категории и методы их выявления 36
Раздел 4. Применение технологических решений для реализации различных резервов повышения энергоэффективности 49
4.1. Общие сведения 49
4.2. Организационные меры и принципы ведения технологических процессов 63
4.2.1 Автоматизация и информационные технологии 63
4.2.2 Оптимизация и управление термодинамическими параметрами процессов 64
4.2.3 Технологические приемы 66
4.2.4 Рациональный выбор источника энергии в агрегатах, оптимизация процесса горения 68
4.2.5 Непроизводственные затраты энергии 69
4.3. Использование полной внутренней энергии 69
4.3.1 Утилизация тепловой энергии 69
4.3.2 Источники низкопотенциальной энергии 77
4.3.3 Использование скрытой теплоты фазового перехода и энергии химических реакций 79
4.4. Использование отходов производств 82
4.5. Топология систем и инфраструктурные проекты 83
4.5.1 Эффект масштаба 83
4.5.2 Повышение эффективности электродвигателей 84
4.6. Энерготехнологическое комбинирование, модернизация технологий 85
4.7. Работа агрегатов и систем в номинальных режимах 90
Раздел 5. Наилучшие доступные технологии, инструменты и практика энергетического менеджмента 94
5.1 Наилучшие доступные технологии и практики 94
5.2. Система энергетического менеджмента. Общая характеристика 95
Заключительные рекомендации по применению справочника 116
Приложение А (справочное) 119
Приложение Б (обязательное) 150
Приложение В (справочное) 151
Библиография 161

Введение

Настоящий информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» (далее – Справочник НДТ) представляет собой документ по стандартизации, разработанный в результате анализа практики работ по энергосбережению, резервов и направлений повышения энергетической эффективности, характерных для промышленных предприятий Российской Федерации, а также принятых за рубежом.

Термин «наилучшие доступные технологии» определен в статье 1 Федерального закона № 7 ФЗ [1], согласно которому НДТ — это технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения.

Структура настоящего Справочника НДТ соответствует ПНСТ 21—2014 [2], формат описания технологий — ПНСТ 23—2014 [3], термины приведены в соответствии с ПНСТ 22—2014 [4].

Краткое содержание справочника

Введение. Во введении приведено краткое содержание Справочника НДТ.

Предисловие. Указана цель разработки Справочника НДТ, его статус, законодательный контекст, краткое описание процедуры создания в соответствии с установленным порядком, а также взаимосвязь с аналогичными международными документами.

Область применения. В рамках разработки Справочника НДТ обоснован его межотраслевой характер и показано, что он может распространяться на все виды деятельности, осуществляемой на объектах I категории, отнесённых к таковым в соответствии с критериями, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

В **разделе 1** описаны результаты анализа энергопотребления в ключевых отраслях промышленности. Особое внимание уделено особенностям энергопотребления, характерным для объектов I категории.

В **разделе 2** предложен алгоритм отнесения методов и практик повышения энергетической эффективности к наилучшим доступным, описаны особенности подходов, использованных при разработке данного Справочника НДТ и в целом соответствующих Правилам определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также при разработке, актуализации и опубликовании информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458) и Методическим рекомендациям по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии (утверждены приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665).

В **разделе 3** описаны резервы энергосбережения и повышения энергетической эффективности на объектах I категории и предложены практические методы их выявления.

В **разделе 4** описана практика применения технологических решений для реализации различных резервов повышения энергетической эффективности предприятий.

В **разделе 5** приведена информация об основных инструментах и практике энергетического менеджмента, систематизированная с учетом опыта российских предприятий, а также требований международных стандартов.

Заключительные положения и рекомендации. В разделе представлена позиция разработчиков Справочника НДТ в отношении направлений использования резервов повышения энергетической эффективности и одновременного сокращения негативного воздействия на окружающую среду на объектах I категории, а также обсуждены особенности сбора информации для актуализации и внесения изменений в Справочник НДТ.

Библиография. В библиографии приведен перечень основных источников информации, использованных при разработке Справочника НДТ.

В **приложениях** приведены примеры реализации различных резервов энергосбережения повышения энергетической эффективности ряда предприятий разных отраслей промышленности, а также сводная таблица упомянутых НДТ повышения энергетической эффективности в соответствующих разделах по энергосбережению принятых на данный момент отраслевых («вертикальных») справочников по наилучшим доступным технологиям.

Предисловие

Цели, основные принципы и порядок разработки Справочника НДТ установлены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458, описывающим порядок определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям.

1 Статус документа

Настоящий Справочник НДТ является документом по стандартизации и имеет межотраслевой характер.

2 Информация о разработчиках

Справочник НДТ разработан технической рабочей группой № 48 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» (ТРГ 48), состав которой был утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 802 от 29 июня 2016 г.

Перечень организаций, оказавших поддержку разработке Справочника НДТ, приведен в разделе «Заключительные положения и рекомендации».

Справочник НДТ представлен на утверждение Бюро наилучших доступных технологий (Бюро НДТ) (gost.e-ecolog.ru

3 Краткая характеристика

Справочник НДТ содержит описание результатов анализа существующей картины энергопотребления в ключевых отраслях экономики на объектах I категории. На основе анализа подходов, соответствующих требованиям Федерального Закона от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О внесении изменений в федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации», определены технические решения, являющиеся наилучшими доступными технологиями (НДТ), а, учитывая требования Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016 г.) «Об охране окружающей среды» и Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ (ред. от 03.07.2016 г.), и отражающие также и международную практику, определены технологические решения, методы и практики повышения энергетической эффективности (в том числе управленческие), которые следует отнести к наилучшим доступным.

4 Взаимосвязь с международными и региональными аналогами

Справочник НДТ разработан с учётом материалов действующего справочника Европейского Союза по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности (Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency), в том числе его авторских русскоязычных версий, подготовленных при активном участии разработчиков Справочника НДТ в 2009–2012 гг. Использованы также материалы отчёта, подготовленного в рамках государственного контракта на выполнение НИР по Государственному контракту № 13/0412.0923400.244/15/232 и

содержащего проект справочного документа по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности.

При разработке Справочника НДТ учтены также подходы, систематизированные в отраслевых и межотраслевых руководствах по наилучшей практике обеспечения энергоэффективности (Energy Efficiency Best Practice Guides, Energy Star Energy Efficiency Tools, Industrial Energy Efficiency Accelerators и др.), действующих в Соединённых Штатах Америки, Канаде, Великобритании и других государствах.

5 Сбор данных

Информация о технологических решениях, а также о методах и практиках повышения энергетической эффективности (в том числе управленческих), применяемых объектами I категории и другими предприятиями в Российской Федерации, была собрана в процессе разработки Справочника НДТ в соответствии с Порядком сбора данных, необходимых для разработки информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям и анализа приоритетных проблем отрасли, утвержденным приказом Росстандарта от 23 июля 2015 г. № 863.

6 Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

Взаимосвязь настоящего Справочника НДТ с другими справочниками НДТ, разрабатываемыми в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р, описана в разделе «Область применения».

7 Информация об утверждении, опубликовании и введении в действие

Справочник НДТ утвержден приказом Росстандарта от 29 сентября 2017 г. № 2060.

Справочник НДТ введен в действие с 01 марта 2018 года, официально опубликован в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

gost.e-ecolog.ru

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И (ИЛИ) ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Energy Efficiency Improvement During Economic and/or Other Activities

Дата введения – 2018 - 03 - 01

Область применения

Настоящий межотраслевой («горизонтальный») Справочник НДТ разработан во взаимосвязи с отраслевыми справочниками НДТ, разрабатываемыми в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р, и включает в себя описание общих подходов и методов повышения энергетической эффективности производства, которые могут применяться в первую очередь на предприятиях, относящихся к объектам I категории в соответствии с критериями, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (далее – предприятия I категории).

Справочник НДТ носит методический характер и содержит обобщённую информацию, сведения общего характера, общие подходы к методам и управленческим решениям, применяемым для повышения энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности на предприятиях (объектах) I категории.

Справочник НДТ не содержит технологических показателей для каких-либо отраслей промышленности. Рекомендации, содержащиеся в настоящем межотраслевом («горизонтальном») Справочнике НДТ, подлежат применению в дополнение к рекомендациям отраслевых справочников НДТ, а также в случае отсутствия соответствующих сведений об особенностях энергетического аудита и систем энергетического менеджмента, характерных для отрасли, в соответствующем отраслевом («вертикальном») Справочнике НДТ, к области применения которого относится рассматриваемое предприятие (объект).

В силу «горизонтального» характера Справочника НДТ конкретные технические решения по отраслям промышленности, перечни маркерных веществ, а также диапазоны значений технологических показателей могут быть приведены в соответствующих отраслевых «вертикальных» Справочниках НДТ; при их наличии,

положения отраслевых Справочников НДТ имеют приоритет перед настоящим Справочником НДТ.

Для областей применения НДТ в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 24.12.2014 № 2674-р разрабатываются соответствующие отраслевые («вертикальные») справочники НДТ.

Справочник НДТ применяется на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и отнесенных к объектам I категории в соответствии с критериями, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

Описанные в Справочнике НДТ управленческие методы повышения энергетической эффективности могут применяться на предприятиях различных категорий (в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий»).

Термины, определения и сокращения

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.

Вторичный энергетический ресурс – энергетический ресурс, полученный в виде отходов производства и потребления или побочных продуктов в результате осуществления технологического процесса или использования оборудования, функциональное назначение которого не связано с производством соответствующего вида энергетического ресурса.

Использование энергии – способ или вид применения энергии (вентиляция, освещение, обогрев, охлаждение, транспортировка, процессы, производственные линии).

Коэффициент полезного использования энергии – отношение всей полезно используемой в хозяйстве (на установленном участке, энергоустановке и т.п.) энергии к суммарному количеству израсходованной энергии в пересчете ее на первичную.

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.

Программа энергосбережения – определенная программа действий на протяжении определенного срока в области повышения эффективности использования энергетических ресурсов.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов – использование этих ресурсов, обеспечивающее достижение максимальной при существующем уровне развития техники и технологии эффективности, с учетом ограниченности их запасов и соблюдения требований снижения техногенного воздействия на окружающую среду и других требований общества.

Система энергетического менеджмента – совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих элементов, используемая для установления энергетической политики и энергетических целей, а также процессов и процедур для достижения этих целей.

Технологическое топливное число – затраты всех видов энергии в технологическом процессе, пересчитанных на необходимое для их получения условное топливо за вычетом вторичных энергоресурсов на единицу продукции.

Топливно-энергетические ресурсы – совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности.

Топливно-энергетический баланс – соотношение для экономического объекта или некоторой территории объемов топливно-энергетических ресурсов, поступающих вследствие добычи или ввоза и убывающих вследствие потребления на месте или вывоза.

Удельное потребление ресурсов – потребление, отнесенное к какой-либо величине, например, к объему производства (затраты сырья на тонну или единицу готовой продукции и т.п.). Удельное энергопотребление – потребление энергии, отнесённое к объёму производства (как правило, в пересчёте на единицу готовой продукции).

Эксергия – предельное (наибольшее или наименьшее) значение энергии, которое может быть полезным образом использовано (получено или затрачено) в термодинамическом процессе с учётом ограничений, накладываемых законами термодинамики; та максимальная работа, которую может совершить макроскопическая система при квазистатическом переходе из заданного состояния в состояние равновесия с окружающей средой (эксергия процесса положительна), или та минимальная работа, которую необходимо затратить на квазистатический переход системы из состояния равновесия с окружающей средой в заданное состояние (эксергия процесса отрицательна).

Энергетическая базовая линия – количественная характеристика, являющаяся основой для сравнения энергетической результативности. Энергетическая базовая линия отражает определенный период времени.

Энергетическая базовая линия может быть нормализована посредством учета переменных величин, которые влияют на использование и/или потребление энергии, например, уровень производства, градусо-дни отопления или охлаждения (в зависимости от температуры снаружи помещений). и т.д. Энергетическая базовая линия может также использоваться для расчета экономии энергии в качестве точки отсчета для отражения ситуации до и после внедрения мероприятий, направленных на улучшение энергетической результативности.

Энергетическая задача – детализированное требование к энергетическим результатам, которое может быть выражено количественно, применимое к организации или ее частям, вытекающее из поставленной энергетической цели, которое следует установить и выполнить для достижения этой цели.

Энергетическая политика – официальное заявление высшего руководства организации о её 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.

Энергетическая результативность – 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.

Энергетическая цель – определенный результат или достижение, установленное для реализации энергетической политики организации в отношении улучшения энергетической результативности.

Энергетическая эффективность – отношение или другая количественная взаимосвязь между результатом работы, услуги, произведенными товарами или энергией и потребленной энергией, поступившей на вход.

Энергетический анализ – определение энергетических результатов организации, основанное на данных и другой информации, что позволяет идентифицировать возможности для улучшения деятельности.

Энергетический ресурс – носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии).

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.

Энтальпия – это та энергия, которая доступна для преобразования в теплоту при определённом постоянном давлении.

Энергетическое обследование – сбор и обработка данных об использовании энергетических ресурсов в отношении единицы оборудования, установки, технологии, производственного процесса, организации, здания и т.п. в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов (энергетической базовой линии), о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Энергосбережение – 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, выполненных работ, оказанных услуг).

Обозначения и сокращения

ISO, ИСО – Международная организация по стандартизации

АСКУЭ – автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом

ВЭР – вторичные энергоресурсы

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода

ГУБТ – газовая утилизационная бескомпрессорная турбина

ДПМ – договор о предоставлении мощности

ЕНЭС – единая национальная (общероссийская) электрическая сеть

ЕСГ– единая система газоснабжения России

ИТС – информационно-технический справочник

КИТ – коэффициент использования тепла топлива

КОМ – конкурентный отбор мощности

КПД – коэффициент полезного действия

НДТ – наилучшая доступная технология

НПА – нормативный правовой акт

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод

ОРЭМ – оптовый рынок электроэнергии и мощности

ОС – окружающая среда

ПО – программное обеспечение

ПТ – перспективная технология

ПУТ – пылеугольное топливо

СЭнМ – система энергетического менеджмента

ТНУ – теплонасосная установка

ТРГ – техническая рабочая группа

ТТЧ – технологическое топливное число

ТЭР – топливно-энергетические ресурсы

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль

УСТК – установка сухого тушения кокса

ЦБК – целлюлозно-бумажный комбинат

ШМ – шахтный метан

ЭТК – энерготехнологический комплекс

Раздел 1. Анализ энергопотребления в ключевых отраслях на объектах I категории

Энергетическая стратегия РФ ставит центральной задачей снижение удельной энергоёмкости валового внутреннего продукта [57]. Энерго- и ресурсосбережение являются одним из важнейших факторов, обеспечивающих эффективность функционирования отраслей и экономики в целом. Достижение данной цели обеспечивается посредством реализации мероприятий по энергосбережению, своевременным переходом к новым техническим решениям, технологическим процессам и оптимизационным формам.

В «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации», утвержденной Указом Президента РФ от 31.12.2015 № 683, отмечено, что одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности в области экономики на долгосрочную перспективу является повышение уровня энергетической безопасности, которая включает в себя рост энергоэффективности и энергосбережения. Кроме того, в документе указано, что необходимыми условиями обеспечения энергетической безопасности являются внедрение перспективных энергосберегающих и энергоэффективных технологий, повышение глубины переработки энергоресурсов, разработка перспективных энергосберегающих технологий и международный обмен ими.

Поскольку существующая сегодня энергетическая инфраструктура в состоянии в целом обеспечить поступательное развитие отраслей промышленности на горизонт как минимум в 15 лет (за исключением отдельных локальных крупных проектов), то фактически энергоэффективность в первую очередь должна обеспечивать энергетическую конкурентоспособность российской экономики на внутреннем и внешнем рынках, поскольку постоянный рост цен и тарифов на энергоносители ухудшает условия выживания и дальнейшего развития промышленного сектора экономики.

Речь идет о сбалансированном повышении энергетической эффективности экономики по трем ключевым направлениям:

- повышение энергетической эффективности инфраструктурных отраслей (электро- и теплоэнергетика, газоснабжение и др.);
- рост энергоресурсоэффективности промышленного производства и производства услуг;
- выпуск продукции более высоких классов энергоэфективности.

Отметим, что три вышеуказанные задачи имеют разную специфику и различные механизмы решения. Причины различной энергетической эффективности в этих трех секторах также существенно различаются

Необходимо отметить, что тепло- и электроэнергетика, как инфраструктурный комплекс, призванный обеспечить нормальное функционирование и развитие различных отраслей экономики, пока не стала примером и локомотивом повышения энергетической эффективности. Доля комбинированной выработки на тепловых электростанциях общего пользования за последние 25 лет снизилась на треть.

Существенная часть генерирующего оборудования, выводимого с рынка по процедурам конкурентного отбора мощности (КОМ), также сосредоточена на ТЭЦ, а

строящиеся по договорам поставки мощности (ДПМ) энергоблоки в основном работают без отпуска тепловой энергии, т.е. с КИТ от 24 до 40 %, против КИТ на ТЭЦ на уровне от 58 до 67 %.

Строительство всех ТЭЦ непосредственно в центрах нагрузок, в городах и на крупных промышленных узлах было обусловлено необходимостью снижения затрат на передачу электроэнергии. Впоследствии, в результате реформирования электроэнергетического комплекса страны ТЭЦ стали выполнять несвойственные им функции обеспечения электроэнергией и мощностью оптового рынка. В результате, величина транспортной составляющей в конечных тарифах выросла, став сопоставимой со стоимостью производства электроэнергии.

Таким образом, ключевые энергетические и экологические преимущества крупных ТЭЦ были искусственно утрачены. Соответственно, модернизация и развитие ТЭЦ, загрузка отборов турбин может рассматриваться как антикризисная мера, обеспечивающая доступность энергоресурсов для всех потребителей, позволяющая рыночными способами осуществить антикризисное сдерживание роста тарифов на энергоресурсы как для промышленности, так и для населения.

В настоящее время можно выделить некоторые ключевые факторы, характеризующие современное состояние энерготехнологических и энергетических установок предприятий:

- возникновение совокупности изменений расчетных условий функционирования энергетических систем и комплексов разного масштаба;
- перманентная угроза возникновения чрезвычайных ситуаций в различных элементах энергетических систем и комплексов;
- лавинообразный и неравномерный износ всех элементов энергетических систем и комплексов и обусловленная этим повышенная аварийность;
- растущая сложность систем, неопределенность исходных данных и незнание главных причин падения эффективности;
- тенденция к строительству собственных энергоисточников[1] на промышленных предприятиях и их структурных подразделениях (особенно в секторе до 25 МВт).

Обратная сторона низкой энергоэффективности промышленности – высокий уровень негативного влияния на окружающую среду. Воздействие промышленности на окружающую среду зависит не только от характера ее территориальной локализации и типа перерабатываемого (потребляемого) сырья, но в большой степени от объемов потребления энергии, от возможности утилизации отходов и степени завершенности энергопроизводственных циклов.

Предприятия ключевых отраслей промышленности с высокой энергоемкостью (металлургия, нефтехимия, энергетика, производство минеральных материалов) и предприятия меньшей энергоемкости, загрязняющие атмосферу и водные среды отходами (производство пестицидов, фармацевтической продукции, пищевая промышленность, переработка отходов) могут быть определены как объекты I

[1] Суммарная мощность мини-ТЭЦ (свыше тысячи агрегатов), возведенных за последние 20-25 лет в Российской Федерации, приближается к 7,5 ГВт, что составляет около 3,5 % мощности всей энергосистемы страны.

категории в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

В качестве критериев в данном документе используются как общая принадлежность к наиболее энергоемким и загрязняющим окружающую среду производствам, так и минимальные количественные показатели производительности предприятий, свыше которых их деятельность подвергается государственному регулированию законодательством о наилучших доступных технологиях.

Приведенные в постановлении Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 № 1029 предприятия можно условно разделить на пять основных групп по уровню энергоемкости и степени влияния на окружающую среду (таблица 1.1):

- 1 группа (энергоемкие переделы добычи и переработки природных ископаемых);
- 2 группа (выработка и поставка (транспорт) потребителям тепловой и электрической энергии);
- 3 группа (химическая промышленность, производство стройматериалов);
- 4 группа (агропромышленное и сопутствующее производство);
- 5 группа (отрасль сбора и переработки отходов).

Разделение предприятий I категории на данные группы показывает разные ключевые направления сокращения влияния на окружающую среду для комплекса производств каждой группы. В зависимости от отрасли и особенностей предприятий это сокращение количества и степени опасности отходов, уменьшение выбросов в атмосферу или водные среды, общее повышение безотходности производства.

Безусловно, для конкретных предприятий, приоритетные меры определяются на основе результатов энергетических и экологических обследований, энергетических паспортов, данных приборов учета и мониторинга потребления ресурсов, других фактических данных. При наличии на промышленной площадке нескольких предприятий разного типа и профиля определяются ключевые источники эмиссии в окружающую среду, энергопотребляющие установки и другие источники загрязнений, с учетом возможных синергетических эффектов и взаимодействий.

Как для крупных, так и для средних и малых предприятий I категории, важным является максимальное использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), образующихся в результате проведения большинства высокотемпературных технологических процессов.

Таблица 1.1 – Особенности предприятий I категории[2]

Отрасли	Подотрасли	Предприятия и параметры производственных комплексов
1 группа (энергоемкие переделы добычи и переработки природных ископаемых)		
Добыча и переработка первичных энергоресурсов	Добыча сырой нефти и природного газа, включая переработку природного газа	Предприятия нефтедобычи. Газодобывающие предприятия. Производственные комплексы по переработке природного и попутного газа
	Производство нефтепродуктов	Нефтеперерабатывающие предприятия и производства
	Добыча угля, включая добычу и обогащение каменного угля, антрацита и бурого угля (лигнита)	Угольные шахты и разрезы
	Производство кокса	Коксохимическое производство
Добыча и подготовка железной руды и руд цветных металлов	Добыча и обогащение железных руд	Горно-обогатительные производства
	Добыча и подготовка руд цветных металлов	Обогащение алюминия (боксита), меди, свинца, цинка, олова, марганца, хрома, никеля, кобальта, молибдена, тантала, ванадия, а также руд драгоценных металлов (золота, серебра, платины), за исключением руд и песков драгоценных металлов, оловянных руд, титановых руд, хромовых руд на рассыпных месторождениях
Металлургия	Металлургическое производство различного профиля с использованием оборудования	Производство чугуна или стали (первичной или вторичной плавки), включая установки непрерывной разливки (с производительностью 2,5 тонны в час и более). Обработка черных металлов с использованием станов горячей прокатки (с проектной производительностью 20 тонн нерафинированной стали в час и более). Нанесение защитных распыленных металлических покрытий (с подачей 2 тонн нерафинированной стали в час и более). Литейное производство черных металлов (с проектной производительностью 20 тонн в сутки и более). Производство цветных металлов из руды, концентратов или вторичного сырья (с помощью металлургических, химических или электролитических процессов).

[2] Приведены согласно текста постановления Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

Продолжение таблицы 1.1

Отрасли	Подотрасли	Предприятия и параметры производственных комплексов
		Плавка, включая легирование, рафинирование, и разливка цветных металлов (с проектной производительностью (плавки) 4 тонны в сутки и более для свинца и кадмия или 20 тонн в сутки и более для других металлов). Производство ферросплавов
2 группа (выработка и поставка (транспорт) потребителям тепловой и электрической энергии)		
Энергетика	Обеспечение потребителей электрической энергией, газом и паром	Использование оборудования (с установленной электрической мощностью 250 МВт и более при потреблении в качестве основно-го твердого и (или) жидкого топлива или с установленной электрической мощностью 500 МВт и более при потреблении в качестве основного газообразного топлива)
3 группа (химическое промышленность, производство стройматериалов)		
	Производство неметаллической минеральной продукции	Стекло и изделия из стекла, включая стекловолокно (с проектной производительностью 20 тонн в сутки и более). Огнеупорные керамические изделия и строительные керамические материалы (с проектной мощностью 1 млн. штук в год и более). Керамические или фарфоровые изделия, кроме огнеупорных керамических изделий и строительных керамических материалов (с проектной мощностью 75 тонн в сутки и более и (или) с использованием обжиговых печей с плотностью садки на одну печь, превышающей 300 кг на 1 куб. метр). Цементный клинкер во вращающихся печах или в других печах (с проектной мощностью 500 тонн в сутки и более). Известь (негашеная, гашеная) при наличии печей (с проектной мощностью 50 тонн в сутки и более)
	Производство химических веществ и химических продуктов (органические)	Простые углеводороды (линейные или циклические, насыщенные или ненасыщенные, алифатические или ароматические). Кислородсодержащие углеводороды – спирты, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, сложные эфиры, ацетаты, простые эфиры, пероксиды, эпоксидные смолы. Серосодержащие углеводороды. Азотсодержащие углеводороды – амиды, азотистые

Продолжение таблицы 1.1

Отрасли	Подотрасли	Предприятия и параметры производственных комплексов
		соединения, нитросоединения или нитратные соединения, нитрилы, цианаты, изоцианаты. Фосфорсодержащие углеводороды. Галогенированные углеводороды. Полимеры, химические синтетические волокна и нити на основе целлюлозы. Синтетический каучук. Синтетические красители и пигменты. Поверхностно-активные вещества
	Производство химических веществ и химических продуктов (неорганических)	Газы – аммиак, хлор или хлористый водород, фтор или фтористый водород, оксиды углерода, соединения серы, оксиды азота, диоксид серы, карбонилхлорид (фосген). Кислоты – хромовая кислота, фтористоводородная (плавиковая) кислота, фосфорная кислота, азотная кислота, соляная кислота, серная кислота, олеум, сернистая кислота. Основания - гидроксид аммония, гидроксид калия, гидроксид натрия. Соли – хлорид аммония, хлорат калия, карбонат калия, карбонат натрия, перборат, нитрат серебра. Неметаллы, оксиды металлов или другие неорганические соединения – карбид кальция, кремний, карбид кремния. Специальные неорганические химикаты – цианид натрия, цианид калия. Оксид магния (с проектной производительностью 50 тонн в сутки и более)
	Производство пестицидов и иных агрохимических продуктов в части, касающейся производства минеральных удобрений	
	Производство фармацевтических субстанций	
Машиностроение и металлообработка	Обрабатывающее производство, на котором выполняются работы:	Поверхностная обработка металлов и пластических материалов (с использова-нием электролитических или химических процессов в технологических ваннах суммар-ным объемом 30 куб. метров и более). Обработка поверхностей, предметов или продукции (с использованием органических растворителей, проектное потребление которых составляет 200 тонн в год и более)

Продолжение таблицы 1.1

Отрасли	Подотрасли	Предприятия и параметры производственных комплексов
4 группа (агропромышленное и сопутствующее производство)		
	Производство пищевых продуктов	Мясо и мясопродукты (с проектной производительностью 50 тонн готовой продукции в сутки и более). Растительные и животные масла и жиры (с проектной производительностью 75 тонн готовой продукции в сутки и более). Продукция из картофеля, фруктов и овощей (с проектной производительностью 300 тонн готовой продукции в сутки (среднеквартальный показатель) и более). Молочная продукция (с проектной мощностью 200 тонн перерабатываемого молока в сутки (среднегодовой показатель) и более)
	Разведение сельскохозяйственной птицы	Проектная мощность 40 тыс. птицемест и более
	Выращивание и разведение свиней	Проектная мощность 2000 мест и более, свиноматок (с проектной мощностью 750 мест и более)
	Переработка и консервирование мяса	Выполнение работ по убою животных на мясокомбинатах, мясохладобойнях
	Производство кожи и изделий из кожи	Использование оборудования для дубления, крашения, выделки шкур и кож (с проектной мощностью 12 тонн готовой продукции в сутки и более)
	Производство текстильных изделий	Использование оборудования для промыв-ки, отбеливания, мерсеризации, окрашива-ния текстильных волокон и (или) отбели-вания, окрашивания текстильной продукции (с проектной производительностью 10 тонн обработанного сырья в сутки и более)
	Производство целлюлозы и древесной массы	Целлюлозно-бумажные производства
	Производство бумаги и картона	Проектная производительность 20 тонн в сутки и более
5 группа (отрасль сбора и переработки отходов)		
	Обработка и утилизации отходов в части, касающейся обезвреживания отходов производства и потребления с применением оборудования и (или) установок	Обезвреживание отходов производства и потребления I–III классов опасности, включая пестициды и агрохимикаты, пришедшие в негодность и (или) запрещенные к применению. Обезвреживание отходов производства и потребления IV и V классов опасности (с проектной мощностью 3 тонны в час и более)

Продолжение таблицы 1.1

Отрасли	Подотрасли	Предприятия и параметры производственных комплексов
	Обработка и утилизации отходов	Обеззараживание и (или) обезвреживание биологических и медицинских отходов (с проектной мощностью 10 тонн в сутки и более)
	Захоронение следующих отходов производства и потребления	Отходы I–III классов опасности. Отходы IV и V классов опасности, включая твердые коммунальные отходы (20 тыс. тонн в год и более)
	Сбор и обработка сточных вод	Очистка сточных вод централизованных систем водоотведения (канализации) (с объемом 20 тыс. куб. метров в сутки отводимых сточных вод и более)

На диаграмме (рисунок 1.1) произведено условное распределение выделенных групп предприятий в координатах «энергоемкость» – «влияние на окружающую среду». При всей условности данного распределения из диаграммы видно, что энергосбережение и повышение энергетической эффективности являются ключевыми приоритетами в большей степени для добывающих отраслей, металлургии, энергетики, предприятий химического производства.



Рисунок 1.1 – Условное распределение предприятий I категории по группам в координатах «энергоемкости» – «воздействия на окружающую среду»

В таблице 1.2 приведены ключевые особенности производственных процессов и энерготехнологических установок предприятий, отнесенных к I категории, и соответствующие технические и энергетические следствия (на уровне технологических установок и предприятий в целом). Из таблицы видно, чем обусловлены более высокие показатели энергоемкости отмеченных производств, а также некоторые ключевые направления – резервы повышения энергетической эффективности.

Таблица 1.2 – Ключевые особенности наличия электро- и энерготехнологических установок на предприятиях I категории и сопутствующие энергетические последствия их функционирования

Блоки	Особенности процессов и установок	Технические и энергетические следствия
На уровне процессов и установок	Наличие разнообразных высокотемпературных энерго-технологических установок нагрева, плавления, спекания, термообработки и др.	Значительное количество вторичных энергетических ресурсов разного типа и потенциала
	Разнообразные скрытые энергетические потоки (с высокой внутренней энергией сырья и полуфабрикатов)	Наличие резервов по использованию скрытых (вторичных) ресурсов
	Наличие электротермических установок разной мощности и напряжения	Неравномерный график загрузки электропечей, наличие разноплановых ВЭР
	Значительное количество различных по мощности приводов с разными режимами и графиками эксплуатации	Наличие резервов высвобождения мощности и объемов потребления энергии на приводы
	Значительное количество вторичных энергетических ресурсов различного типа и потенциала	Необходимость рекуперативного и регенеративного использования ВЭР
	Наличие энерготехнологических установок на предприятиях с различными графиками и приоритетами загрузки[3]	Дисбалансы между технологическими и утилизационными режимами работы оборудования
На уровне цехов, предприятия в целом	Наличие и взаимодействие разнородных энергоресурсов и потоков (пар разного давления, конденсат и горячая вода, сжатый воздух, кислород, инертные газы и др.)	Дублирование (перекрытие) некоторых функций разными энергопотоками
	Наличие собственных источников тепловой, электрической энергии, нерасчетные режимы их функционирования	Конкуренция собственных (в том числе на ВЭР) и внешних энергоисточников
	Наличие распределенных электрических сетей, трансформаторов разного типа и напряжения	Разнородная загрузка сетей и трансформаторов, существенная реактивная мощность
	Распределенные теплоэнергетические системы на предприятиях, охватывающие собственные энергоисточники, энерготехнологические установки, сети и потребителей	Потребность в системах распределенного регулирования, оптимизации и управления энергопотоками

[3] На ряде предприятий металлургии оптимизация работы нагревательных печей приводит к нехватке уходящих дымовых газов для нормальной работы котлов-утилизаторов.

Продолжение таблицы 1.2

Блоки	Особенности процессов и установок	Технические и энергетические следствия
	Наличие групп утилизационных (безтопливных) установок и собственных энергоисточников (ТЭЦ, котельных)	Дисбалансы при загрузке наиболее эффективных энергоисточников предприятий
	Отсутствие (фрагментарность) автоматизированных систем учета и мониторинга потребления энергоресурсов на предприятии, АСУП предприятия в целом	Отсутствие полной картины эффективности использования энергоресурсов на разных уровнях

Интегральная доля предприятий I группы в общем потреблении различных ресурсов (энергии, воды, земельных и трудовых ресурсов) и загрязнении окружающей среды довольно значительна. Расчет на основе данных государственной статистики, анкет и базы данных по 4500 наиболее крупных и энергоемких предприятий представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Параметры потребляемых ресурсов и отходов предприятий I категории

«На входе»	«На выходе»
17 % занятых	–
68,7 % воды	68,7 % стоков
18 % земли	79,8 % отходов
52 % топливно-энергетических ресурсов	75 % выбросов в атмосферу

Министерством энергетики Российской Федерации проведена оценка технического потенциала энергосбережения отраслей экономики по удельному расходу топливно-энергетических ресурсов с учетом возможных темпов внедрения наилучших доступных технологий[4]. Результаты оценки приведены в таблицах 1.4 *а-д* и рисунках 1.2 *а-д*[5].

Следует отметить, что при определении величины технического потенциала энергосбережения отраслей рассматривались все доступные на рынке наилучшие мероприятия и технологии, вне зависимости от показателей их экономической эффективности. Это означает, что потенциал экономически эффективных для реализации энергосберегающих мероприятий должен быть ниже указанных значений и зависит от критериев их выбора (например, по предельному максимальному значению простого срока окупаемости).

[4] Данные Государственного доклада о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2014 году.
[5] Данные за 2015–2020 гг. являются прогнозом.

Таблица 1.4а – Потенциал снижения энергоёмкости отраслей экономики

Отрасль	Единицы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Использование автотранспорта	кг у.т./ед	2 127.20	2 065.70	2 022.60	1 986.30	1 948.20	1 893.80	1 849.70	1 811.00	1 771.70
Железнодорожный транспорт	кг у.т./т-км	55.2	54.4	52.4	52.4	51.9	51.3	50	49	48.2
Транспортировка газа	кг у.т./1000 м^3-км	29.6	28.9	28.4	28.3	28.3	28	27.2	26.8	26.6
Транспортировка нефти	кг у.т./т-км	1.5	1.4	1.4	1.41	1.41	1.4	1.38	1.37	1.37

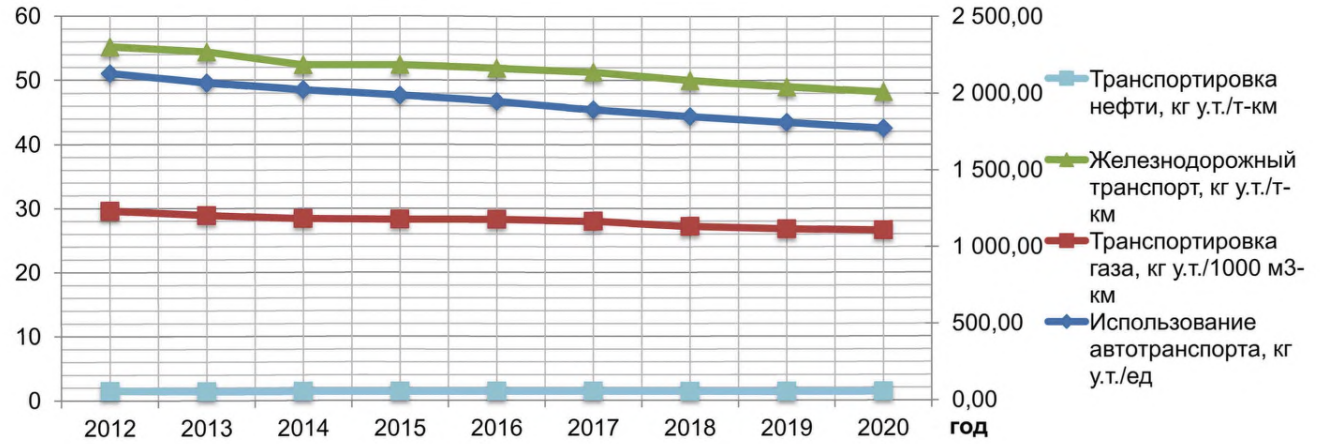


Рисунок 1.2а – Потенциал снижения энергоёмкости отраслей экономики [62]

Таблица 1.4б – Потенциал снижения энергоёмкости отраслей экономики

Отрасль	Единицы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство удобрений	кг у.т./тонну	494.3	487	470.1	457.9	441.7	427.1	408.1	393.5	381
Целлюлозно-бумажная промышленность	кг у.т./тонну	1 109.80	1 068.80	1 062.20	998.6	957.5	946.8	924.5	901.9	875.6
Производство цемента	кг у.т./тонну	187.3	185.8	181.6	176.9	162.6	157.7	151.5	144.5	135.2
Черная металлургия	кг у.т./тонну	650.6	657.4	647.8	650.2	640.2	624.9	601	579.5	558.1
Угольная отрасль	кг у.т./тонну	6	6.2	6	6	6	5.9	6	6	6.1

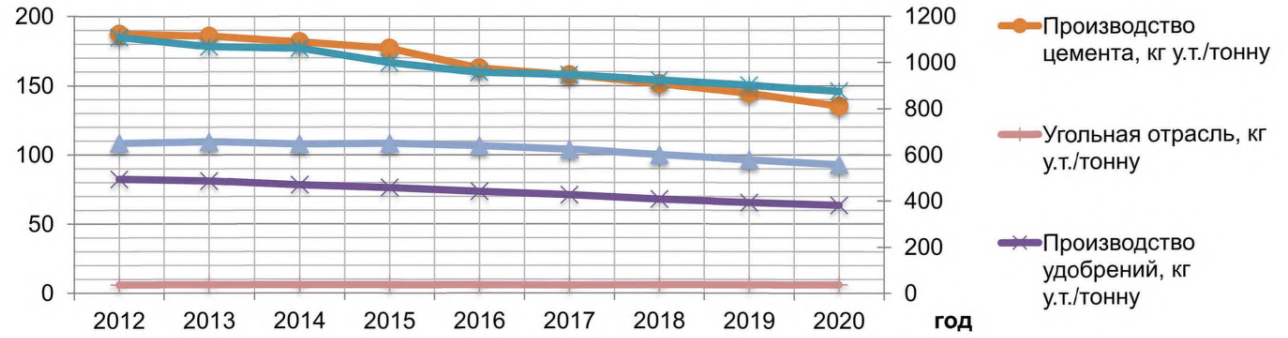


Рисунок 1.2б – Потенциал снижения энергоёмкости отраслей экономики [62]

Таблица 1.4в – Потенциал снижения энергоёмкости отраслей экономики

Отрасль	Единицы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Добыча газа	кг у.т./1000 м^3	9.1	9.1	9.2	9.1	9	8.8	8.2	7.7	7.2
Переработка газа	кг у.т./1000 м^3	85.9	83.7	82.7	82.7	82.5	82	81.1	80.7	80.3
СПГ	кг у.т./кг	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Нефтедобыча	кг у.т./тонну	18.2	18	17.7	17.5	17.3	17.1	16.9	16.7	16.5
Переработка нефти	кг у.т./тонну	107.7	110.1	112.2	115.7	119.2	122	124.8	127.8	130.3
Нефтегазохимия	кг у.т./тонну	1 027.70	1 000.10	956.1	953.9	951.8	948.1	898.7	873.9	857.6
ПНГ	кг у.т./1000 м^3	41.4	41	40.6	40.4	40.3	40.1	37.1	35.4	33.9
Шахтный метан	кг у.т./1000 м^3	5.9	6.4	6.3	6.2	6.1	6	5.4	5	4.6

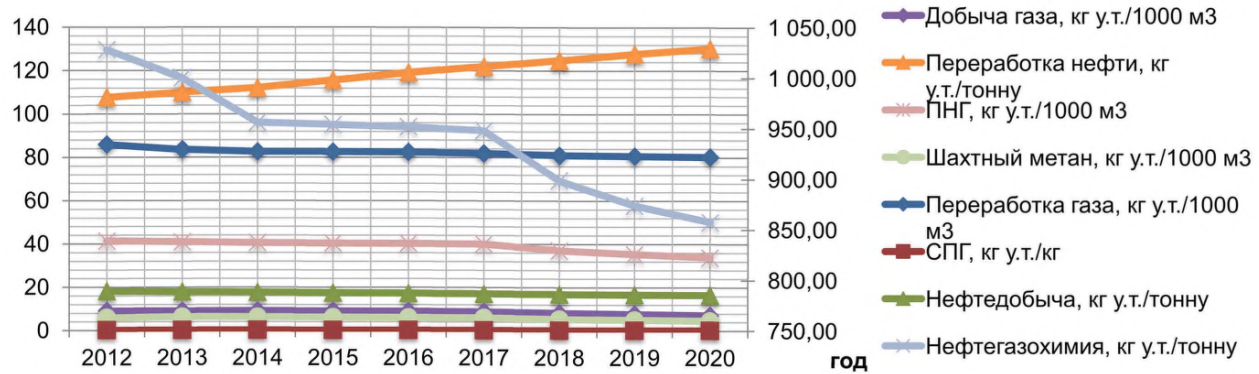


Рисунок 1.2в – Потенциал снижения энергоёмкости отраслей экономики [62]

Таблица 1.4г – Потенциал снижения энергоёмкости отраслей экономики

Отрасль	Единицы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ЖКХ	кг у.т./м^2	37.7	36.8	35.9	35.5	35	34.5	33.7	33	32.3
Сфера услуг	кг у.т./м^2	30.7	29.7	28.8	27.9	28	28	27.1	26.5	26
Бюджетная сфера	кг у.т./м^2	29.1	27.7	26.3	26	25.5	25	23.6	22.5	21.5
Сельское хозяйство	кг у.т./га	139.9	141.8	144.8	146.1	148.4	149.4	144	138.4	132.1

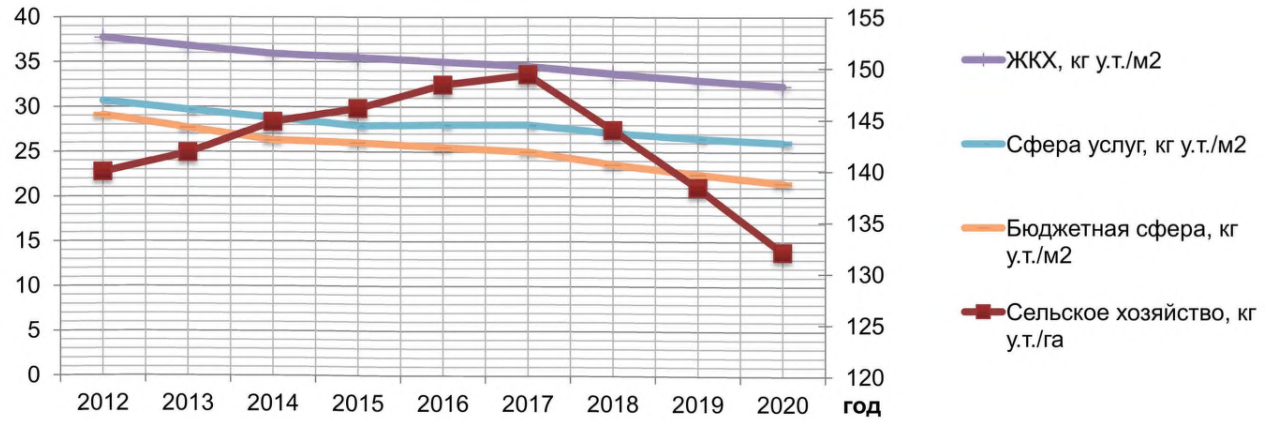


Рисунок 1.2г – Потенциал снижения энергоёмкости отраслей экономики [62]

Таблица 1.4д – Потенциал снижения энергоёмкости отраслей экономики

Отрасль	Единицы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Генерация электроэнергии	гр у.т./кВт*ч	330.4	328.4	325.1	321.6	319	315.6	311.1	305.2	298.8
Передача электроэнергии	гр у.т./кВт*ч	11	10.9	10.8	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.1
Генерация теплоэнергии	гр у.т./Гкал	158.2	158.1	157.5	156.6	155.7	154.8	153.7	152.2	150.5
Передача теплоэнергии	гр у.т./Гкал	22.2	21.8	21.4	21.1	20.9	20.6	20.1	19.5	19

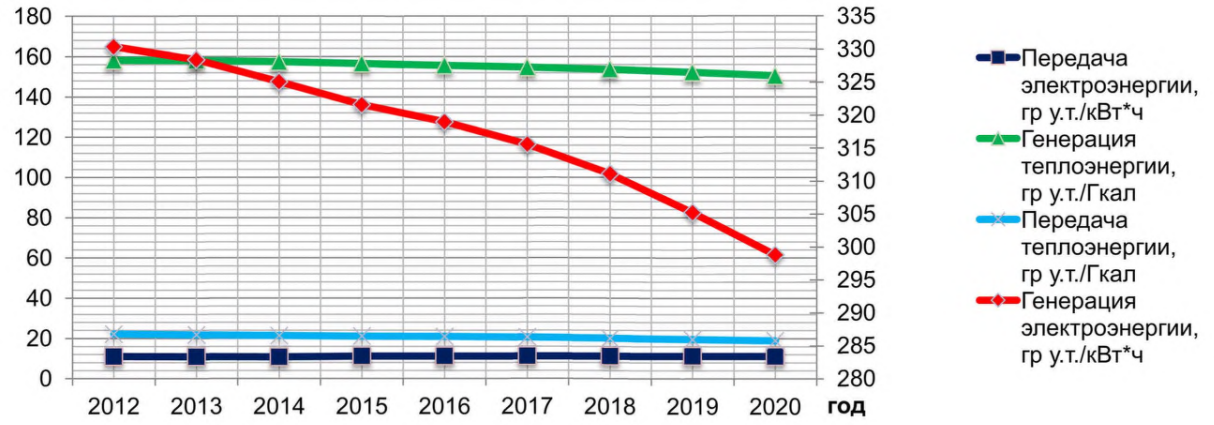


Рисунок 1.2д – Потенциал снижения энергоёмкости отраслей экономики [62]

На основе обработки данных 4500 предприятий проведена дифференциация по отраслям и видам деятельности по их технологической, энергетической и экологической эффективности, результаты приведены на рисунке 1.3. Примерно 20 % предприятий имеют показатели энергоресурсной эффективности выше средних, около 36 % – средние и 43 % – ниже средних.

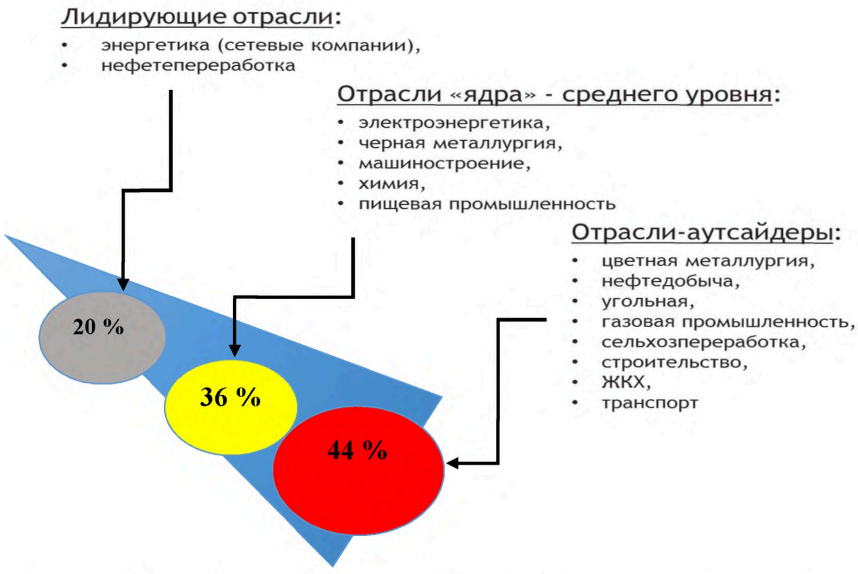


Рисунок 1.3 – Распределение отраслей по энергоресурсной эффективности[6] [63]

Также весьма консервативные оценки собственных резервов повышения энергетической эффективности дали сами предприятия[7]. Подавляющее большинство опрошенных предприятий оценили технический потенциал энергосбережения в среднем в пределах 8–10 % по всем потребляемым ТЭР. Около 40 % опрошенных руководителей считают, что потенциал сбережения электроэнергии и тепловой энергии составляет менее 5 % от объема их потребления предприятием.

В то же время, как показывают примеры компаний, применяющих комплексные механизмы управления энергетической эффективностью, например, внедряющих систему энергетического менеджмента, фактические резервы действительно оказываются больше, чем принято предполагать. По отзывам предприятий, формальная разработка энергетических паспортов встречается не часто, и в целом отвечает потребностям по повышению энергетической и общей эффективности производства.

[6] Оценка на основе обработки базы данных 4500 предприятий // URL : gost.e-ecolog.ru

[7] Данные специализированного масштабного опроса, проведенного с участием разработчиков ИТС по инициативе Министерства промышленности Российской Федерации в 2012–2013 гг.

Серьёзным барьером для реализации мероприятий по энергосбережению в промышленности является сложность практического применения мер государственной поддержки. Более 45 % опрашиваемых предприятий отмечают неэффективность мер государственной поддержки, а также бюрократические препоны (существенные затраты времени и средств на подготовку документов для ее получения) и отсутствие доступной и полной информации об существующих мерах государственной поддержки, условиях ее получения.

Многие предприятия осуществляют проекты, связанные с модернизацией основных технологических процессов и оптимизацией режимов работы оборудования (проекты модернизации производства, – 61 % опрошенных предприятий)[8] [61]. Модернизация энергетического хозяйства проводится ориентировочно на 54 % предприятий.

Большая часть энергосберегающих проектов, реализуемых в настоящее время, – малозатратные и быстроокупаемые. Средние годовые затраты на энергосбережение (по кругу предприятий, ответивших на данный вопрос) составляют 38 млн. руб. Почти у половины принявших участие в анкетировании предприятий, средний годовой объем финансирования мероприятий не превышает 5 млн. руб.

Среднегодовые затраты на мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности, превышающие 100 млн. руб., имели всего 12 % предприятий, предоставивших сведения об уровнях затрат. Средний простой срок окупаемости мероприятий составляет 2,5 года. Более 50 % реализуемых энергосберегающих проектов имеют простой срок окупаемости менее 3 лет. Около 70 % предприятий используют в качестве источника финансирования только собственные средства.

В 2015 году экспертами Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации было проведено исследование (по результатам опроса предприятий) с целью установления степени влияния показателей энергетической эффективности на уровень спроса на продукцию промышленного назначения. Критерий энергетической эффективности был назван по совокупности ответов в выборке в конце первой десятки критериев.

Этот факт, в числе прочих, свидетельствует о наличии проблемы идентификации энергопотребляющей продукции общепромышленного назначения по классам энергетической эффективности. В настоящее время отсутствует упорядоченная терминология, используемая в федеральных законах, нормативных правовых актах, ГОСТах и других документах, регламентирующих оборот энергоэффективной продукции, соотнесение этой терминологии с названиями соответствующих классификационных кодов общероссийских классификаторов.

Как показал опрос, предприятия проявляют более высокий интерес к параметрам энергоэффективности при закупках электропотребляющего оборудования (насосы, трансформаторы, оборудование для электрического отопления). Главным барьером для приобретения энергоэффективного оборудования было названо отсутствие доверия к указанным параметрам его эффективности (29 %).

[8] Доклад Аналитического центра при Правительстве РФ «Приоритеты промышленной политики под углом зрения энергоэффективности и энергосбережения».

Если говорить о сравнении по параметрам энергоэффективности и энергоемкости не конкретных товаров или применяемых в промышленности технологий, а отраслей или предприятий, то необходимо отметить, что результаты таких сравнений не следует переоценивать с точки зрения их практической применимости, поскольку в современном мировом промышленном производстве весьма незначительные улучшения зачастую требуют многократного увеличения затрат и, как следствие, приводят к росту цены для потребителя. В первую очередь это справедливо в отношении тех предприятий, которые в значительной мере уже используют наилучшие доступные технологии как в главных технологических процессах, так и во вспомогательных системах (системы сжатого воздуха, вентиляции, отопления, водоснабжения и т.д.). Как правило, удельные показатели потребления энергоресурсов на таких предприятиях существенно ниже средних по отрасли, что означает наличие малого технического потенциала энергосбережения, мероприятия по реализации которого являются высокозатратными.

Гораздо большую практическую ценность для российской промышленности имеет решение проблем развития, модернизации и создания отечественных технологий, отечественного оборудования, отечественной продукции, с максимальным учетом требований по энергоэффективности и ресурсосбережению при производстве и обеспечении ее жизненного цикла по соотношению «надежность/ресурс».

В практике мировой промышленности в качестве основных интегральных показателей производства используются:

- себестоимость основной конечной продукции (и как составляющая – затраты на энергоснабжение предприятия),
- производительность труда (выработка) на 1-го работника предприятия, рассчитываемая от объема выручки предприятия.

На примере литейного производства представлено сопоставление основных организационно-технических и технологических факторов и признаков, характерных для ведущих мировых и российских производств машиностроения, а также сопоставительный анализ ключевых показателей энергоемкости и энергоэффективности.

Особенностями российских литейных (гальванических, термических и других) производств, в отличие от США и Европы, является низкий уровень специализации: как правило, они входят в состав машиностроительных (например, авиастроительных) заводов и имеют одного заказчика – свое предприятие.

Номенклатура продукции таких производств широка, вследствие чего технологии выпуска или обработки продукции также весьма разнообразны. Переходы от одной технологии к другой приводят к простоям оборудования, малым значениям коэффициентов его использования и загрузки, принципиально сдерживают процессы повышения энергетической и ресурсной эффективности.

Технологическое оборудование ряда производств имеет высокую степень износа (55–75 %), используются устаревшие (40–50-летней давности) технологии – низкопроизводительные и малоэффективные, в первую очередь, по показателям энергозатратности. Ключевые показатели эффективности отечественных и европейских литейных производств представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Ключевые показатели отечественных и европейских литейных производств

Ключевые показатели эффективности литейного производства	Европа		Россия	
	Лучшая практика	Средний уровень	Лучшая практика	Средний уровень
1. Выход годного, %	64,1	59,4	66,2	52,3
1.1. Потери при плавке, %	1,9	3,2	2,6	4,5
1.2. Потери при заливке, %	2,4	3,0	1,7	3,3
1.3. Литниковая система, %	31,5	34,5	29,3	39,3
1.4. Брак и возвраты, %	2,1	3,4	2,2	6,7
2. Формовка, %	81,1	77,3	86,9	48,4
2.1. Простои, %	11,9	14,2	4,6	22,7
2.2. Задержки, %	5,1	5,7	6,5	30,3
2.3. Брак. Формы, %	0,8	1,1	0,5	3,8
2.4. Брак и возвраты, %	2,1	3,4	2,2	6,7
3. Использование производственных площадей, %	63,9	53,5	43,6	25,2
4. Расход энергии, кВт*ч на тонну годного литья				
4.1. Для плавки, кВт*ч/т расплава	544	560	779	1164
4.2. Для литья, кВт*ч/т годного	1247	1453	3155	4506
5. Свежий песок, т/годного литья				
5.1. Свежий песок	0,312	0,349	0,583	1,252
5.2. Регенерация песка, %	95,9	94,0	95,6	89,2
6. Расход свежей воды, $м^3$ на тонну годного литья	0,76	0,90	17,10	144,89
7. Производительность труда, человеко-часов/тонну годного литья	15,1	21,0	26,7	75,2

Уровень механизации и в особенности технологической автоматизации низкий, что решающим образом влияет как на качество выпускаемой и обрабатываемой продукции, так и на возможность достоверного контроля энергоемкости производства, в том числе на возможность контроля (при их наличии) нормативов энергопотребления.

Энергопотребление является одним из наиболее важных показателей эффективности производства. Показатель «Расход энергии на производстве» достаточно полно отражает полный расход энергии (кВт*ч) на 1 т годных отливок.

Показатели расхода энергии европейских и российских производств представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Показатели удельного расхода энергии литейных производств РФ и ЕС

Расход энергии кВт*ч/т годных отливок	Евросоюз		Российская Федерация	
	Средние значения	Высшие значения	Среднее значение	Высшее значение
Сталь	1391-2676	1165-2088	3285-7464	2874-6996
Серый чугун	1744-1758	1284-1566	3222-5016	2344-3539
Высокопрочный чугун	1169-1483	1000-1305	2939-5428	1521-4533

Основными причинами высокого энергопотребления энергоемких литейных (термических, гальванических) производств на ряде предприятий I категории являются:

- низкая эффективность работы оборудования (большие сроки эксплуатации, устаревшие технологии);
- длинные циклы плавки, термообработки;
- недостаточное использование вторичных энергетических ресурсов;
- низкая эффективность (нередко – практическое отсутствие) вспомогательных, обеспечивающих систем (вентиляция, отопление);
- низкий уровень организации труда персонала, недостаточная квалификация;
- отсутствие (или неэффективность) системы планирования производства;
- низкий уровень автоматизации и компьютеризации производства.

Таким образом, наряду с тенденциями неуклонного роста энергетической эффективности экономики в целом, на ряде предприятий имеются существенные резервы энергосбережения и снижения потерь энергоресурсов.

Соответственно, в качестве ключевых факторов и тенденций в промышленном комплексе (объектов I категории) Российской Федерации в целом необходимо упомянуть:

- последовательное снижение энергоемкости большинства отраслей (кроме нефтедобычи) на фоне роста энерговооруженности;
- потребность в модернизации ряда предприятий энергоемких отраслей промышленности наряду с освоением системы энергоменеджмента;
- наличие определенных избытков (резервов) тепловых мощностей (по выработке пара и горячей воды) на городских и промышленных ТЭЦ;
- тенденцию отказа от централизованных систем теплоэнергоснабжения и строительства собственных энергоисточников предприятий;
- существенные перерасходы топлива в теплоэнергетике за счет избыточных мощностей, нерасчетных режимов и вывода ТЭЦ из фактической эксплуатации;
- последовательное сокращение теплопотребления и рост электропотребления потребителями;
- рост малой и распределенной генерации, в том числе с использованием возобновляемых энергоисточников.

Выявленная в данном разделе картина состояния энергосбережения и энергетической эффективности в отраслях и предприятиях I категории позволяет перейти к выявлению ключевых резервов повышения их энергетической и экологической эффективности.

Раздел 2. Определение наилучших доступных технологий, методов и практик повышения энергоэффективности

Совершенствование энергоэффективности в контексте выдачи комплексных экологических разрешений является общей, «горизонтальной» задачей, актуальной для любых отраслей и технологических процессов. Поэтому Справочник НДТ представляет собой межотраслевой документ методического характера, адресованный предприятиям всех видов деятельности, объекты которых отнесены к I категории.

При определении технологий, методов и практик повышения энергоэффективности рассмотрен опыт российских компаний добывающих и перерабатывающих отраслей, открытые нефинансовые отчёты, отчёты об устойчивом развитии, политики в сфере энергетического менеджмента [1–5]; установлено, что в большинстве крупных компаний действуют стратегии энергосбережения и повышения энергетической эффективности и стандарты организаций (такие как «Паспорт энергоэффективности», «Энергетические балансы. Формирование, согласование и контроль исполнения», «Методика оценки энергоэффективности», «Методика энергоаудита» и т.п.). Проанализированы выпущенные в 2015–2016 гг. отраслевые справочники НДТ [6–23].

Принят во внимание опыт зарубежных стран. Детально проанализированы материалы русских версий действующего в Европейском Союзе «Справочного документа по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности» [24] (Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009 [25]), созданных при активном участии разработчиков Справочника НДТ в 2009-2012 гг.[9]. При подготовке Справочника НДТ разработчики руководствовались широким пониманием термина наилучшие доступные технологии, закреплённым, в частности, в ГОСТ Р 56828.15-2016. Наилучшие доступные технологии. Термины и определения [26]:

«К наилучшим доступным технологиям относят: технологические процессы, методы, порядок организации производства продукции и энергии, выполнения работ или оказания услуг, включая системы экологического и энергетического менеджмента, а также проектирования, строительства и эксплуатации сооружений и оборудования, обеспечивающие уменьшение и (или) предотвращение поступления загрязняющих веществ в окружающую среду, образования отходов производства по сравнению с применяемыми, и являющиеся наиболее эффективными для обеспечения нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при условии экономической целесообразности и технической возможности их применения».

При подготовке Справочника НДТ рассмотрен также широкий спектр руководств по повышению энергоэффективности и онлайн инструментов, подготовленных в рамках Программы Energy Star, функционирующей в США и Канаде (gost.e-ecolog.ru) с 1992 г. и с недавнего времени

[9] В электронной форме русские версии Справочного документа по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности доступны на методическом сайте gost.e-ecolog.ru официальном сайте Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации // URL : gost.e-ecolog.ru 134003.

действующей также в Европейском Союзе (gost.e-ecolog.ru); прежде всего, внимание обращено на руководства разной степени детализации, адресованные отраслям промышленности, объекты которых отнесены в Российской Федерации к областям применения наилучших доступных технологий (приведены в алфавитном порядке) [27–38]:

- металлообработка;
- нефтепереработка;
- нефтехимическое производство (многотоннажное производство органических веществ);
- переработка молока;
- производство алюминия;
- производство продуктов питания;
- производство стекла;
- производство фармацевтических препаратов;
- производство цемента: калькулятор энергоэффективности и руководство по повышению энергоэффективности и оптимизации затрат;
- производство чугуна и стали;
- целлюлозно-бумажное производство.

Проанализированы обзоры, руководства по энергоменеджменту и повышению энергоэффективности в промышленности (Energy Accelerators), распространённые в Великобритании. Особое внимание обращено на руководства общего характера и руководства для отраслей промышленности, объекты которых отнесены в Российской Федерации к областям применения наилучших доступных технологий [39–45]:

- энергетический менеджмент;
- мониторинг и постановка задач в сфере энергоэффективности;
- металлообработка;
- производство бумаги;
- производство кирпича;
- производство продуктов питания и напитков.

Приняты во внимание подходы международной компании ICF Consulting Ltd (Energy Industry Consulting and Solutions), в частности, результаты обширного исследования, охватывающего целлюлозно-бумажную промышленность, производство чугуна и стали, производство неметаллических материалов, химическую и фармацевтическую промышленность, нефтепереработку, пищевую промышленность и машиностроение:

Рассмотрены аналитические обзоры и методические рекомендации, подготовленные Институтом технологических проблем Департамента энергетики США и международным институтом Global CCS Institute (Австралия), адресованные добывающим отраслям, в том числе:

- Исследование диапазонов энергоэффективности в добывающей промышленности (Mining Industry Energy Bandwidth Study) [47];
- Характеристики энергопотребления и экологические показатели горнодобывающей промышленности США (Energy and environmental profile of the US mining industry) [48];

- Энергоэффективность добычи и переработки нефти и газа (Energy Efficiency in Exploration and Production of Oil & Gas) [49].

В этих документах обсуждаются такие понятия, как «уровни энергосбережения, соответствующие наилучшей практике и практическому минимуму энергопотребления» (Best Practice and Practical Minimum Energy Savings), которые по сути своей близки к понятию наилучших доступных методов, способов энергосбережения.

Учтён опыт программы по стимулированию инвестиций в энергосбережение в России, выполненной при поддержке Международной финансовой корпорации (МФК). Программа была призвана поддержать работу в сфере повышения энергоэффективности и способствовать взаимодействию предприятий, финансовых институтов и поставщиков оборудования и услуг на этом рынке. В настоящее время на сайте МФК доступны преимущественно обзоры и рекомендации в области охраны окружающей среды и безопасности труда, в которых рассматриваются также аспекты повышения энергоэффективности производства. Наибольший интерес представляет Руководство по энергосбережению в промышленности [50], являющееся частью детального документа «Общее руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда» [51], адресованного предприятиям различных отраслей.

Общее заключение, которое можно сделать в результате анализа этих документов, состоит в том, что весьма значительная часть каждого из них посвящена анализу резервов энергосбережения и описанию инструментов энергетического менеджмента, применение которых позволяет разрабатывать и реализовывать программы повышения энергоэффективности. При этом отраслевые рекомендации, содержащиеся в обсуждаемых руководствах, во многом пересекаются с рекомендациями, включёнными в отраслевые справочные документы по наилучшим доступным технологиям, но обычно описаны более тщательно и адресованы именно инженерам-энергетикам и энергоменеджерам предприятий.

Определение технологий, методов и практик повышения энергоэффективности осуществлено в соответствии с Методическими рекомендациями по определению технологии в качестве наилучшей доступной, утверждёнными приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665 [52], для областей применения НДТ, установленных распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 2674-р [53].

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 23 декабря 2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям» (с изменениями и дополнениями от 9 сентября 2015 г.) [54], при определении технологических процессов, оборудования, технических способов, методов в качестве наилучшей доступной технологии члены рабочей группы должны рассмотреть их соответствие следующим критериям:

а) наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги либо соответствие другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами Российской Федерации;

б) экономическая эффективность внедрения и эксплуатации;

в) применение ресурсо- и энергосберегающих методов;

г) период внедрения;

д) промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов на двух и более объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду».

Таблица 2.1 – Критерии соответствия НДТ и их описание[10]

№	Критерии соответствия НДТ	Комментарий к указанным критериям
1.	а) наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги либо соответствие другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами Российской Федерации	Оценивая возможности применения тех или иных решений, описанных в справочниках, следует учитывать возможное влияние рассматриваемых решений на показатели экологической результативности предприятия
2.	б) экономическая эффективность внедрения и эксплуатации	Определяется сокращением долей затрат на топливо и энергию в структуре себестоимости продукции, общим снижением себестоимости, иными экономическими эффектами
3.	в) применение ресурсо- и энергосберегающих методов	Обеспечение энергоэффективности представляет собой неотъемлемую часть (и частный случай) обеспечения ресурсоэффективности производства
4.	г) период внедрения	Техническое перевооружение, а тем более применение новых технологических процессов, требуют инвестиций, обоснование и привлечение которых специфичны не только для отрасли в целом, но и для каждого конкретного предприятия
5.	д) промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов на двух и более объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду»	Для реализации программ повышения энергоэффективности следует выбирать оборудование, которое уже нашло применение на российских предприятиях

Рассмотрим особенность учёта критерия выбора НДТ, определённого как «наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду» (а), в контексте

[10] Приведены в соответствие с постановлением Правительства РФ от 23 декабря 2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».

повышения энергоэффективности. Оценивая возможности применения тех или иных решений, описанных в Справочнике НДТ, следует учитывать возможное влияние рассматриваемых решений на показатели экологической результативности предприятия.

Однако, если для разных видов деятельности (отраслей) в «вертикальных» справочника НДТ идентифицированы наилучшие доступные технологии, обеспечивающие высокий уровень защиты ОС, и соответствующие технологические показатели, то, в большинстве случаев, в числе этих НДТ определены и решения, направленные на обеспечение эффективного использования энергии.

При оптимизации энергопотребления и сокращении удельного расхода топлива снижаются удельные показатели выбросов таких загрязняющих веществ, как монооксид углерода, оксиды азота, а также оксидов серы (при сжигании серосодержащего топлива), пыли (при сжигании твёрдого и жидкого топлива), полиароматических углеводородов (также преимущественно при сжигании твёрдого и жидкого топлива) и пр.

Для ряда отраслей негативное воздействие на окружающую среду, обусловленное сжиганием топлива, является приоритетным (например, производство энергии, керамического кирпича, плитки, листового стекла, стеклотары). Оптимизация использования электроэнергии также ведёт к опосредованному снижению негативного воздействия на окружающую среду, что соответствует целям экологической политики Российской Федерации и целям перехода к нормированию по принципам наилучших доступных технологий.

Критерий, сформулированный как «применение ресурсо- и энергосберегающих методов» (б) является основным для Справочника НДТ: обеспечение энергоэффективности представляет собой неотъемлемую часть (и частный случай) обеспечения ресурсоэффективности производства, и именно технологические, технические и управленческие решения, направленные на повышение энергоэффективности, рассмотрены в этом Справочнике НДТ.

Критерий промышленного внедрения в Российской Федерации (д) можно учитывать практически без изменений: для реализации программ повышения энергоэффективности следует выбирать оборудование, которое уже нашло применение на российских предприятиях; сами же программы строятся на принципах энергетического менеджмента, которые постепенно приобретают всё бóльшую популярность в России.

Рассмотрим критерий НДТ, определённый как «период внедрения» (г). В контексте обеспечения энергоэффективности следует учитывать, что меры управленческого характера могут использоваться без каких-либо временных ограничений, в то время как техническое перевооружение, а тем более применение новых технологических процессов, требуют инвестиций, обоснование и привлечение которых специфичны не только для отрасли в целом, но и для каждого конкретного предприятия.

Таким образом, период внедрения тесно связан с экономической эффективностью (критерий (б) – «экономическая эффективность внедрения и эксплуатации»), которая, в свою очередь, определяется долей затрат на топливо и энергию в структуре себестоимости продукции. Практически все российские компании, реализующие программы повышения энергоэффективности, ставят цели снижения

энергопотребления для компенсации роста тарифов на энергоресурсы и сокращения доли энергозатрат в себестоимости продукции.

Российские и зарубежные эксперты считают, что инструменты энергетического менеджмента можно считать экономически эффективными при использовании в самых разных организациях, на предприятиях любых отраслей. При этом необходимо подчеркнуть, что речь идёт именно об инструментах и методах энергоменеджмента, а не об обязательной сертификации систем энергетического менеджмента, отвечающих требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 50001-2012 [55] или других стандартов.

Из множества технологических, технических и управленческих подходов и решений, применимых для целей повышения энергетической эффективности производства, предприятиям I категории следует выбирать те, которые наилучшим образом отвечают стоящим перед ними задачам, имеющим технологическую, отраслевую и региональную специфику. Схематически порядок использования информации о повышении энергоэффективности, содержащейся в отраслевых справочниках НДТ и в настоящем Справочнике НДТ, приведён на рисунке 2.1 (по [24, с. XXVII], с изменениями).

На первом этапе выбора НДТ обеспечения энергоэффективности необходимо оценить существующие резервы, причём методы выявления резервов сами по себе могут считаться наилучшими доступными технологиями, то есть, теми решениями, которые позволяют уточнить структуру энергопотребления, идентифицировать потери и определить приоритеты разработки программ, направленных на повышение энергетической эффективности и экологической результативности производства.

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. Описанные выше обзоры и рекомендации представляют собой образцы открытой информации [27–51].

Крупные компании нередко проводят бенчмаркинг, привлекая таких известных консультантов, как Solomon Management Consultants или ICF Consulting Ltd (полученные результаты остаются собственностью заказчиков).

Аналогичный подход используется и за рубежом: в ряду решений, которые рассматриваются для обеспечения энергоэффективности на уровне предприятия, рассматриваются такие инструменты выявления резервов, как энергетические балансы, модели, пинч-анализ, энтальпийный и эксергетический анализ [24].

На втором этапе руководители предприятий решают задачу выбора собственно технологических решений, то есть совокупности «…процессов получения, обработки или переработки сырья, материалов, промежуточных продуктов, изделий, применяемых в определённой отрасли производства» [56]. Технологические процессы и соответствующие технологические показатели, в том числе показатели энергоэффективности, в полном смысле слова, приведены в отраслевых справочниках НДТ. Так, в ИТС 5-2015 «Производство стекла» к наилучшим доступным технологиям производства листового стекла отнесён флат-процесс (НДТ 6) [9, с. 68].

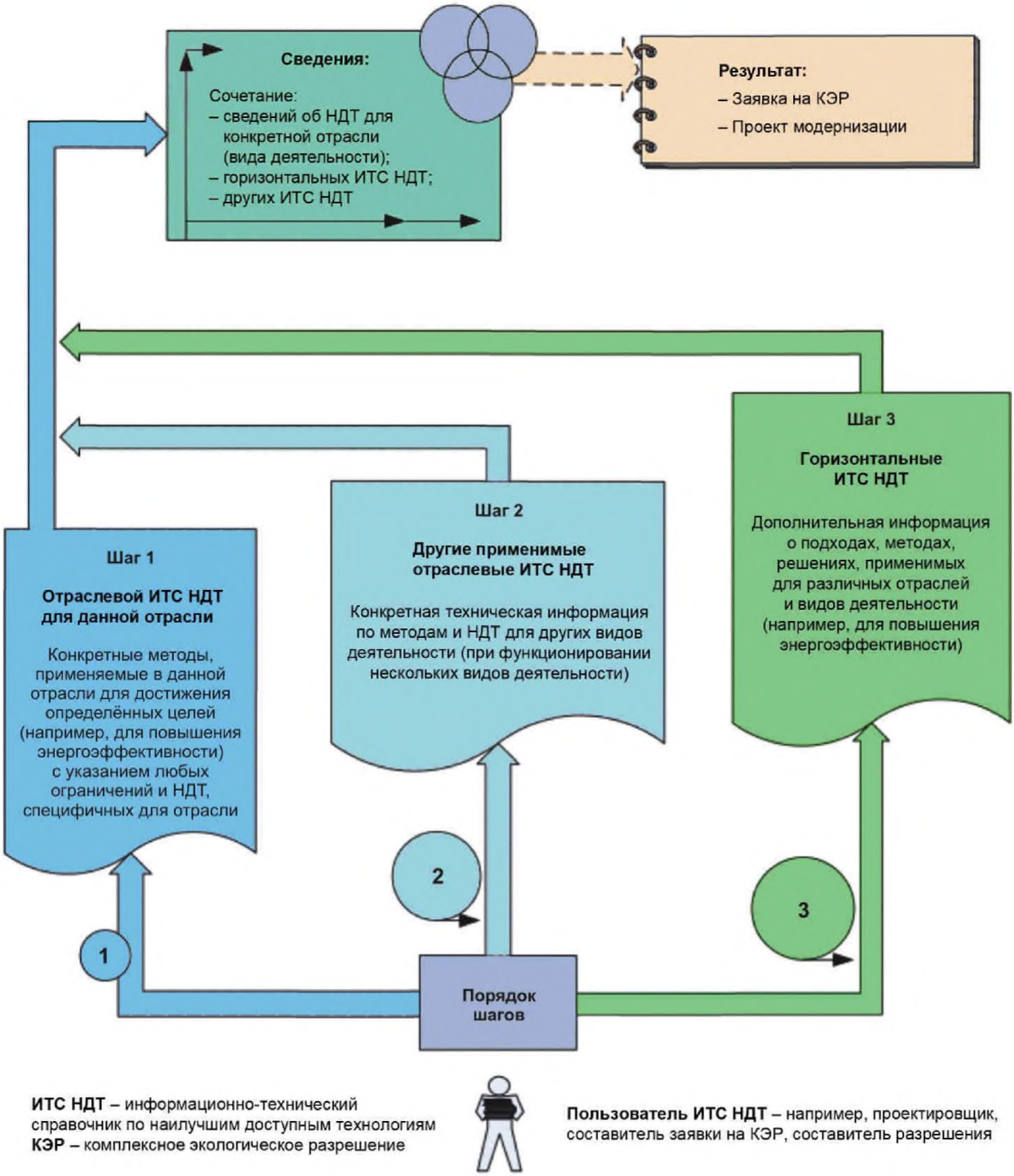


Рисунок 2.1 – Порядок использования материалов отраслевых и «горизонтальных» справочников по наилучшим доступным технологиям

Внедрение НДТ на вновь сооружаемых или существенно модернизируемых объектах или производственных линиях, как правило, не сопряжено с серьезными трудностями. В большинстве случаев оптимизация энергопотребления является экономически выгодной. Однако внедрение НДТ на существующих предприятиях часто оказывается не столь простым в силу унаследованной инфраструктуры и местных

условий: необходимо принимать во внимание техническую и экономическую осуществимость модернизации этих объектов.

Технические решения, методы и приёмы, в российских источниках называемые и техническими, и технологическими, представляют собой следующую ступень принятия решений. Так, в ИТС 4-2015 «Производство керамических изделий» НДТ 2 описана таким образом [8, с. 162]:

«НДТ является снижение потребления энергии путем применения совокупности следующих технологических решений и технических приемов:

- модернизация печей и сушилок;
- рекуперация избыточного тепла печей, особенно из зоны охлаждения; избыточное тепло печи в виде горячего воздуха может быть направлено на обогрев сушилок для сушки сырья или полуфабрикатов;
- оптимизация заготовок; оптимизация формы, габаритов, состава и структуры заготовок существенно увеличивает энергоэффективность сушки и обжига при использовании соответствующих сушилок и печей».

Технические решения (в том числе на уровне оборудования) могут быть как специфичными для отрасли (и даже подотрасли), так и более общими, универсальными, применимыми на различных предприятиях. К техническим решениям обычно относят методы сжигания топлива, модернизацию паровых систем, регенерацию тепла, когенерацию, процессы сушки и сепарации, организацию электроснабжения, использование подсистем с электроприводом, насосных систем, систем отопления, кондиционирования воздуха, а также вентиляцию и освещение.

Наконец, к НДТ относят системы менеджмента, как экологического, так и энергетического, и их отдельные инструменты (например, энергоаудит). Условное разделение НДТ на «технико-технологические» методы и информационно-управленческие практики приведено в таблице 2.2

В Справочнике НДТ рассматриваются преимущественно технические и управленческие решения, которые могут найти применение при реализации резервов повышения энергоэффективности в порядке, описанном выше в разделе 2:

- резервы повышения энергоэффективности на объектах I категории;
- применение технологических решений для реализации различных резервов повышения энергоэффективности;
- инструменты и практика энергетического менеджмента.

Таблица 2.2 – Условное разделение НДТ на технико-технологические методы и информационно-управленческие практики

	Технические и технологические методы и подходы повышения энергетической эффективности	**Информационно-управленческие практики**
1	Использование комплексного подхода к оценке энергоэкологической эффективности теплоэнергетических и энерготехнологических систем предприятий, теплотехнологических процессов и агрегатов	Внедрение и поддержание функционирования СЭнМ, в состав которой входят (в той мере, в какой это применимо в конкретных условиях) элементы, рекомендованные международными стандартами
2	Обеспечение приоритетного внимания к технологическим процессам и техническим устройствам, которые вносят определяющий вклад в формирование структуры использования энергетических ресурсов в организации	Организация системы учета и мониторинга, включая проведение энергетических аудитов, определение базовой линии энергопотребления, проведение бенчмаркинга
3	Выбор специфических для отрасли технологических решений (при реконструкции существующих и проектировании новых производств), обеспечивающих высокую эффективность использования энергетических ресурсов при одновременной возможности предотвращения и (или) сокращения негативного воздействия на окружающую среду с учётом рекомендаций соответствующих отраслевых справочников НДТ	Организация планирования и энергетического анализа, включая определение значимых потребителей энергии, выбор целевых показателей, управление их операционными параметрами, формирование программы повышения энергоэффективности
4	Участие в проведении сравнительного анализа (бенчмаркинга) в рамках отрасли (подотрасли) для получения объективной информации, необходимой для постановки целевых показателей программы повышения энергоэффективности	Организация системы проверки результативности через внутренние аудиты, оценки со стороны руководства, подготовку периодической декларации об энергоэффективности
5	Учёт региональных (местных) особенностей при обосновании оптимизации использования энергии при реконструкции существующих и проектировании новых производств	Формирование на предприятии гласной и прозрачной системы мотивации, включая информирование, обучение и повышение квалификации, систему работы с рационализаторскими предложениями

Раздел 3. Резервы повышения энергоэффективности на объектах I категории и методы их выявления

Как отмечено в разделе 1, 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 технологий.

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.

Произошедшие в последние годы изменения в разных секторах промышленных энерготехнологических систем и комплексов (ЭТК) трансформировали их по-разному, существенно изменилась роль региональных аспектов и особенностей. Очевидно, что в результате отмеченных изменений в разных секторах народного хозяйства есть различные резервы повышения эффективности. В этой связи задача обзора и классификации возможных резервов повышения энергетической эффективности теплотехнологических и теплоэнергетических систем и агрегатов не так проста, как кажется на первый взгляд, и может иметь несколько равноправных направлений решения.

Оценка эффективности сложных и распределенных энерготехнологических систем, их энергетической эффективности– процесс системный и многофакторный. В таблице 3.1 приведены различные существующие методы и подходы анализа энергетической эффективности промышленных процессов и агрегатов с точки зрения их функциональных возможностей.

В отличие от простых физических или термодинамических процессов с понятными критериями эффективности (КПД), переход к более сложным объектам и системам (включающим в себя экологические и экономические оценки) неизбежно несет в себе наличие неучтенных погрешностей или искажений. При этом разнообразие и разноплановость процессов, происходящих в различных энерготехнологических системах, наличие различных по сути и своим формам резервов повышения энергетической эффективности предопределяет необходимость обобщенного системного подхода, позволяющего выявлять разные типы резервов, видеть весь комплекс барьеров их дальнейшей реализации в разных секторах экономики.

Таблица 3.1 – Методы и подходы анализа энергетической эффективности

Существующие методы и подходы энергетического анализа	Ключевые особенности традиционных методов анализа	Недостатки существующих подходов
Балансовые методы	Показывают общие балансовые потери и соответственно резервы энергосбережения	Неполно учитывает потенциалы энергоносителей и потоков ТЭР
Анализ энергоемкости агрегатов (удельных расходов энергоресурсов)	Показывает структуру затрат энергии на выработку продукции	Не учитывает геометрические особенности рабочих камер энергоустановок
Пинч-анализ	Выявляет «узкие места» энерготехнологических агрегатов и систем	Требует сочетания общебалансовых подходов и потенциалов энергопотоков
Эксергетический анализ	Показывает неочевидные при балансовом подходе термодинамические резервы повышения эффективности	Требует расчет эксергии всех участвующих потоков и элементов системы
Сквозной энергетический анализ (метод технологических топливных чисел)	Показывает как энергетические, так и неэнергетические резервы повышения эффективности системы	Требует подробной статистики о прямых и косвенных расходах энергоресурсов на всех стадиях и переделах
Комплексный энергетический анализ	В качестве меры энергоемкости продукта используются кумулятивные затраты энергии/ эксергии на процесс	Требует подробной статистики о прямых и косвенных расходах энергоресурсов на всех стадиях и переделах
Методология интенсивного (предельного) энергосбережения	Показывает максимальные резервы повышения энергетической эффективности всей системы	Требует 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 и далее – 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 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) 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 (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 мы видим 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.

В самом общем виде перечисленные резервы повышения энергетической эффективности различных энерготехнологических систем и комплексов показаны на рисунке 3.1 и в таблице 3.2.



Рисунок 3.1 – Типы резервов повышения энергоэффективности [65]

Приведенная краткая классификация резервов повышения эффективности использования энергии отражает их существенно различную природу. Различная природа показанных резервов обусловлена как разным типом образования систем с участием энергетических (энерготехнологических) агрегатов, так и их пространственно-временными (территориальными) масштабами.

Соответственно, выявление резервов I типа производится путем сравнения фактических данных с расчетными показателями, номинальными параметрами функционирования теплоэнергетических агрегатов, систем и комплексов.

Резервы II типа выявляются в процессе составления и сопоставления энергетических (эксергетических) балансов агрегатов и установок (в том числе приведенных в таблицах 3.1–3.3). Для выявления резервов III типа дополнительно к энергетическим балансам необходимо проведение более трудоемких операций сквозного энергетического анализа. Резервы IV типа дополнительно выявляются с использованием системно-типологических моделей.

Безусловно, заранее сложно предусмотреть все возможные методы анализа, используемые в рамках выявления резервов разной природы в различных энерготехнологических системах и комплексах (промышленных, коммунальных, региональных) в силу существенных различий анализируемых объектов, их масштаба и сложности.

Таблица 3.2 – Природа резервов повышения эффективности и методы их определения

Тип резервов	Природа резервов	Методы и модели определения
Энерго-технологическое комбинирование	Использование всего потенциала энергоресурсов	Энергетические и эксергетические балансы, предельное энергосбережение
Использование скрытой теплоты (внутренней энергии)	Использование энергозатрат предыдущих переделов	Сквозной анализ энергоемкости продукции
Эффекты масштаба и топологии систем	Концентрация, централизация, соотношение линейных размеров и объемов	Типологические модели объектов (по размерам, структуре, масштабам)
Замена источника энергии в агрегатах	Повышение эффективности подачи энергии в рабочую камеру	Использование преимуществ новых (комбинированных) источников энергии
Работа агрегатов и систем в номинальных режимах	Выход за номинальные режимы приводит к резкому уменьшению эффективности	Сравнение параметров с номинальными, комплексные обследования ЭТК

Рост нерасчетных режимов, изменение графиков нагрузок делают такую работу весьма актуальной в рамках выявления разнородных резервов повышения эффективности и модернизации существующих систем, и для задач выбора новых энергоисточников и их схемно-параметрических решений.

Как уже отмечалось выше, ключевой показатель, который может быть использован для сравнительного анализа эффективности разнородных процессов, агрегатов и теплотехнологических систем, – это энергоемкость, т.е. содержание различных видов энергетических ресурсов в единице продукции (услуги). Другими словами, энергоемкость продукции – это как бы «фотография» застывшей диссипации энергии в материале, результат завершенного теплотехнологического или энерготехнологического процесса.

Такая простая или «плоская фотография» не всегда даёт нам полного впечатления о ключевых резервах повышения эффективности диссипативных процессов, утилизации тепла или других вторичных энергоресурсов. С другой стороны, энергоемкость более сложной системы, включающей в себя источники и потребителей энергии, вполне может стать объемным, «голографическим» снимком, демонстрирующим самые разные стороны протекающих как в источниках, так и у потребителей, процессов (табл. 3.3).

Соответственно, энергоёмкость – величина потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы.

Таблица 3.3 – Функциональные различия агрегатов и системы оценок эффективности (энергоемкости)

Тип агрегатов	Функции	Система оценок эффективности (энергоемкости)
Высокотемпературные энерготехнологические агрегаты	Плавление, нагрев, спекание, термообработка и др.	Удельная (на $м^3$ или $м^2$) производительность агрегатов, КИТ, энергоемкость на единицу продукции
Энергоисточники общего пользования	Выработка электрической и тепловой энергии	Удельные расходы топлива (энергоемкость) на выработку тепловой и электрической энергии, КИТ
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)

Численным выражением энергоёмкости системы является показатель, представляющий собой отношение энергии, потребляемой системой, к величине, характеризующей результат функционирования данной системы. Понятие энергоемкости показывает и определяет показатели расходов разных ТЭР на проведение различных теплотехнологических процессов (нагрева, плавления, испарения, термообработки, спекания материалов и др.) и совершения работы (транспорт грузов, преобразование и транспорт ТЭР).

В таблице 3.4 приведены определения энергоемкости, содержащиеся в специализированных нормативных правовых актах.

Технологическая энергоемкость производства продукции может включать в себя полные энергоемкости:

- расходуемых топливно-энергетических ресурсов;
- сырья, полуфабрикатов, комплектующих изделий;
- мероприятий по охране окружающей среды, управлению энергосбережением, безопасности труда и экологическому управлению.

Полная энергоемкость продукции в дополнение к технологической энергоемкости производства продукции учитывает полную энергоемкость основных производственных фондов, амортизированных при производстве продукции. В определенной степени, это применимо для анализа энергоемкости промышленных комплексов, в которую кроме прямых энергозатрат входят косвенные, вспомогательные расходы ресурсов на предыдущих стадиях обработки и переделах.

Тогда мы можем представить совокупную энергоемкость системы (источник + потребитель) как простое произведение частных энергоемкостей ее составляющих (с учетом затрат на передачу энергоресурсов). Но этого зачастую недостаточно для выявления всех возможных резервов повышения эффективности (или снижения полной энергоемкости системы).

Соответственно, в простом произведении частных энергоемкостей элементов и агрегатов системы мы можем не увидеть как общесистемные возможности повышения эффективности, так и приоритеты выбора сокращения энергоемкости ключевых секторов и элементов, взаимодействующих на разных системных уровнях.

И эта взаимообусловленность относится как к элементам одного типа (к примеру, потребителям энергии), так и к взаимодействию между источником и потребителем, причем по разным видам энергоресурсов (теплота, электроэнергия, сжатые газы) и их параметрам (температура, давление, напряжение, сила тока).

Таблица 3.4 – Определения энергоемкости продукции, содержащиеся в нормативных источниках

№	Определяющие НПА	Особенности указанных в НПА определений
1.	ГОСТ 27322-87. Энергобаланс промышленного предприятия. Общие положения [58]	Вводится термин «энергоемкость продукции», но не дается ни определение, ни методика расчета
2.	ГОСТ Р 51387-99. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения[11][59]	Вводятся определения понятий: а) полная энергоемкость продукции: величина расхода энергии и (или) топлива на изготовление продукции, включая расход на добычу, транспортирование, переработку полезных ископаемых и производство сырья, материалов, деталей с учетом коэффициента использования сырья и материалов. б) энергоемкость производства продукции: величина потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготов-ления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы. Из определения *полной энергоемкости продукции* следует, что она приводится к первичному топливу (в определении *энергоемкости производства продукции* не оговорен пересчет на первичное топливо)
3.	ГОСТ Р 51750-2001. Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. Общие положения [60]	В этом ГОСТ Р 51750-2001 со ссылкой на определения, содержащиеся в ГОСТ Р 51387-99, используются термины «полная энергоемкость продукции» и «технологическая энергоемкость продукции» (либо «технологическая энергоемкость производства продукции»), хотя последний в ГОСТ Р 51387-99 отсутствует. Видимо, термин «технологическая энергоемкость продукции» (либо «технологическая энергоемкость производства продукции») введен как синоним определенного в ГОСТ Р 51387-99 термина «энергоемкость производства продукции»

[11] Отменен на территории РФ с 01.01.2015 с введением в действие ГОСТ 31607-2012 (Приказ Росстандарта от 23.11.2012 N 1107-ст).

В таблице 3.5 приведено сопоставление разных методов энергетического анализа применительно к расчету полной энергоемкости продукции и выявления различных типов резервов сокращения потерь и повышения энергетической эффективности производственных цепочек. Для анализа сложных энерготехнологических цепочек и производств первые введен метод векторного, или «дипольного» энергетического анализа.

Методологии сквозного энергетического анализа и интенсивного энергосбережения в части подходов к определению энергоемкости продукта достаточно близки. Можно отметить два различия формул (3.1) и (3.2):

1) в формуле (3.1) в составе скрытой энергии $Э_3$ учитываются энергозатраты на оборудование, капитальные сооружения, инструмент, ремонт, внутризаводские перевозки и другие вспомогательные операции. Такого учета в (3.2) нет, однако это не приводит к существенному расхождению величин ТТЧ и $Э$;

2) в формуле (3.2) в отличие от (3.1) учитывается величина $B_{экв}$.

Такой учет $B_{экв}$ сближает методологию интенсивного энергосбережения с методологией комплексного энергетического анализа, в котором при составлении энергетических балансов учитывается химическая энергия не только топлива, но и сырья, продуктов, отходов. Энергоемкость, или удельный расход ТЭР может определяться в пересчете – как на единицу продукции, так и на другие показатели – по функциональным показателям применяемых агрегатов (таблица 3.5).

В рамках методологии комплексного энергетического анализа технических систем введены понятия теоретического потенциала и резервов энергосбережения, разработаны принципы определения потенциала на основе разработки идеальных и идеализированных аналогов системы.

Одним из показателей эффективности служит энергетический КПД, определяемый как отношение предельных (теоретических) затрат энергии на производство продукта $I^*_{\min}$ к фактическим $I_{затр}$.

Таблица 3.5 – Сопоставление методических подходов к расчету энергоемкости продукции

№	Концепции	Особенности определения энергоемкости
1.	Сквозной энергетический анализ	Энергоемкость продукта представлена в виде ТТЧ (технологическое топливное число), суммирующего все виды затрат в энергетических единицах от добычи ископаемых до получения продукта. Величина ТТЧ, кг у.т./(ед. продукта), вычисляется по формуле: $ТТЧ = Э_1 + Э_2 + Э_3 – Э_4$ (3.1) Здесь $Э_1$ – первичная энергия – химическая энергия топлива с учетом затрат на добычу, транспорт и др.; $Э_2$ – производная энергия – энергоемкость производных энергоносителей (электроэнергия, пар, вода и т.д.); $Э_3$ – скрытая энергия, израсходованная в предшествующих технологиях на сырьевые материалы, а также на оборудование, капитальные сооружения, инструмент, ремонт, внутризаводские перевозки и другие вспомогательные операции; $Э_4$ – энергия вторичных ресурсов, в случае их полезного энергетического или технологического использования

Продолжение таблицы 3.5

№	Концепции	Особенности определения энергоемкости
2.	Комплексный энергетический анализ	Авторами методологии комплексного энергетического анализа технических системв 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
3.	Концепция интенсивного энергосбережения	В рамках методологии интенсивного энергосбережения рассматривается энергоемкость технологии производства продукта, кгу.т./(ед. продукта): $B_{ВИД}$ – видимый удельный расход топлива, пересчитанный на первичное топливо (то же, что $Э_1$); $B_{ПРЕОБР}$ – 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 $Э_2$; $B_{ЭКВ}$ – 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; $B_{ПЕРЕХ}$ – удельный расход первичного переходящего топлива. Определяется по полным затратам энергии на производство и доставку сырьевых материалов и полупродуктов. Это часть величины скрытой энергии $Э_3$; $B_{ЗАМ}$ – 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 $Э_4$, но за вычетом вторичного топлива; $B_{ВТОРИЧ}$ – удельный выход вторичного топлива. Это часть величины $Э_4$
4.	Концепция векторного («дипольного») энергоанализа	Энергоемкость представлена в виде вектора в координатах N (электроемкость) – Q (тепло/топливоемкость), наглядно демонстрирующей приоритетность видов энергии (энергоносителей). 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

В методологии интенсивного энергосбережения используются сходные понятия. Так, мерой предельного минимума энергоемкости технологии производства продукта служат характеристики термодинамически идеального аналога анализируемого объекта, а одним из показателей эффективности энергоиспользования является коэффициент полезного использования энергии первичного топлива.

Можно отметить терминологическую близость двух методологий, однако они приводят к различным результатам при оценке потенциала энергосбережения.

Термодинамически идеальный теплотехнологический объект – модель объекта с некоторыми предельными свойствами, теоретически обеспечивающими минимальный расход топлива (теплоты) на теплотехнологический процесс. К числу этих свойств относятся технически неограниченные возможности:

а) организации сквозной непрерывной теплотехнологии и противотока обрабатываемых материалов и теплоносителей;

б) обеспечения низкого уровня потерь теплоты через ограждения элементов объекта (вплоть до адиабатности ограждений);

в) интенсификации внешнего теплообмена и достижения его завершенности в технологических и теплотехнических элементах объекта;

г) интенсификации массообмена в теплотехнологических реакторах;

д) рациональной организации процесса горения топлива;

е) организации предельно глубокой регенерации тепловых отходов;

ж) обеспечения предельно низкого самопотребления энергии (вплоть до нуля).

При этом теплофизические, физико-химические и другие процессы реализуются в объекте наилучшим образом, но в принципиально возможных рамках. Термодинамически идеальный агрегат формируется на базе энергетически идеальной технологии – технологии с предельно низким уровнем потребления энергии, подводимой извне.

Переход от непосредственной технологической установки к энерготехнологическому агрегату требует введения в обиход уже не только видимого (прямого) расхода топлива, энергии, а соответствующих значений расходов топлива с учетом регенерации/рекуперации энергетических потоков.

Показатели энергетической эффективности энерготехнологических агрегатов и систем приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Показатели эффективности и формулы для их определения

Показатели эффективности	**Формулы для определения**
Видимый расход топлива, КПД установки (системы)	B вид = B факт / G прод, η = Q полезн / Q полн
Удельный расход с учетом регенерации и утилизации вторичных энергоресурсов	B* уд = (B вид - B рег)/G прод
Удельные отходы и выбросы на единицу продукции (топлива)	w = W полн / G прод w = W полн / B уд
Удельные отходы и выбросы на единицу топлива с учетом регенерации	w* = W полн / B* уд
Удельные отходы и выбросы на единицу основной продукции с учетом вторичной продукции (пар, электроэнергия, холод)	w* = W полн / (G прод + D вторичн)

Для дальнейшего перехода от анализа процессов и агрегатов к анализу систем необходимо обратиться к понятию полной векторной энергоемкости (по абсолютной величине, структуре и соотнесенности источника и потребителей энергии). Тогда системное рассмотрение полной энергоемкости предполагает анализ теплового (топливного) и электрического потребления во взаимоувязке потребителя с энергоисточником и учет ключевых региональных особенностей и факторов.

В первом приближении для выявления резервов мы можем воспользоваться представлением простых случаев в диаграммах «генерация-диссипация». Уже такой переход от простых чисел и значений к условно-объемной картине дает нам более отчетливое видение общей картины, понимание качественных и количественных различий по отдельным элементам (потребителям) и всему сообществу элементов в целом.

Если к «тепловой энергоемкости» объекта добавить «электрическую», то на такой диаграмме мы можем разместить основные сектора и элементы ЭТК разного вида и размера (рисунки 3.2, 3.3).

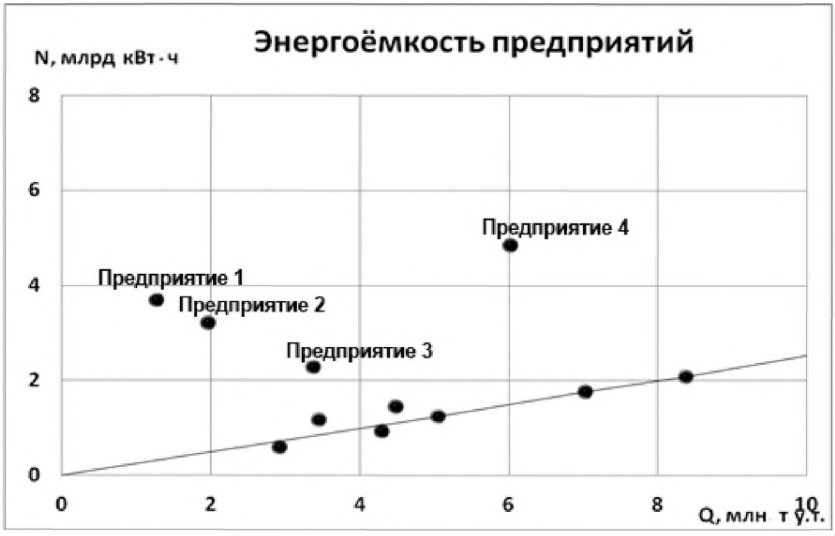


Рисунок 3.2 – Представление отдельных предприятий в дипольной диаграмме энергоемкости в координатах – тепло- (топливо) емкость и электроемкость

На рисунке 3.2 в координатах «тепло-(топливо)емкости» и «электроемкости» наглядно представлены ряд крупных предприятий, на рисунке 3.3 – сектора конечного потребления в структуре экономики мегаполиса. Таким образом, имея при прочих равных условиях одинаковые значения удельного потребления энергоресурсов ***b***, мы можем иметь весьма существенные структурные различия в соотношении топливо-, тепло- и электропотребления внутри общего энергопотребления.

Выявление этих соотношений дает нам более глубокую картину того, как расходуются разные виды энергоресурсов в различных секторах экономики города (региона). Для удобства анализа, обе оси данной «дипольной» диаграммы могут

иметь единую размерность – либо в энергетических единицах, либо в показателях условного топлива на их выработку, в абсолютных (кВт*ч, МДж, тут) или в удельных (кВт*ч/т, МДж/т, тут/т) величинах на единицу продукции.

Такое пространственное, «векторно-дипольное» представление энергопотребления (и энергетических мощностей) дает общую картину структуры ***b*** по всем потребителям, их соотношение с точки зрения выбора оптимальных источников (или систем генерации и выработки разных видов ТЭР).

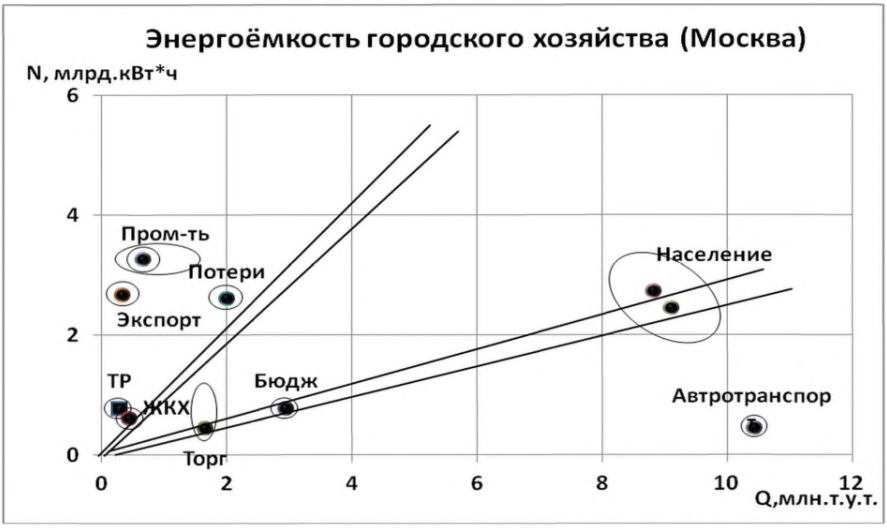


Рисунок 3.3 – Представление ряда секторов городского хозяйства в дипольной диаграмме в координатах – тепло- (топливо) емкость и электроемкость

Векторное представление энергоемкости в подобных «дипольных» координатах дает нам ряд существенных преимуществ при анализе эффективности энергетических систем и комплексов:

– наглядно показывает соотношение затраченных энергоресурсов разного типа и потенциала;

– выявляет возможности взаимозаменяемости разных видов энергоносителей на разных этапах и технологических стадиях;

– демонстрирует наличие непроизводительных расходов энергии разного потенциала;

– на основе вышеотмеченных особенностей определяет типа и параметры различных резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности энерготехнологических комплексов.

Типологические диаграммы являются методологическим средством систематизации, структурирования системной проблематики, снижения неопределенности (и искажения) исходных данных, в том числе за счет интеграции расчетных моделей и фактических данных.

Таблица 3.7 – Алгоритм определения полной (векторной) энергоемкости ЭТК

Этапы	Наименование этапа	Содержание этапа
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 продукции 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 (рисунок 3.2)
5	Переход от частных установок к агрегатам, территориальным объектам	Отражение векторов полной энергоемкости системных объектов в полях Q и N энергоемкости (правый верхний квадрант номограммы, рисунок 3.3)
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)

В таблице 3.7 представлен примерный алгоритм построения полных векторов энергоемкости для выявления ключевых резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности в энерготехнологических системах и комплексах.

Исходя из результатов выполненного в разделе 3 анализа резервов повышения энергоэффективности на объектах I категории, можно сделать вывод о том, что **НДТ состоит в применении комплексного подхода к выявлению резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности теплоэнергетических и энерготехнологических систем предприятий.**

Раздел 4. Применение технологических решений для реализации различных резервов повышения энергоэффективности

4.1. Общие сведения

Повышение энергоэффективности на сегодняшнем этапе является непременным условием обеспечения конкурентоспособности, особенно в долгосрочной перспективе, что и является основной мотивацией к энергоэффективности через модернизацию оборудования или применения новых технологических решений.

Необходимо отметить, что оценка эффективности технологических решений может базироваться только на качественной оценке существующего состояния энергопотребления на предприятии, которая может быть объективной только при условии организации надлежащего коммерческого, внутрихозяйственного и технического учёта энергии и энергоносителей.

Практическое использование имеющихся резервов повышения энергоэффективности должно базироваться на достоверных учётных данных автоматизированного мониторинга энергопотребления на предприятии, системного анализа и прогнозирования производства и потребления энергии и энергоносителей, а также на системном анализе отраслевых и региональных энергетических балансов.

Тем не менее, даже при условии, что экономическая политика и политика энергоэффективности носят несистемный характер (имеются противоречия подзаконных актов и федеральных законов, происходит частая смена норм, сюда же можно отнести логическую незавершенность отдельных этапов экономической политики, например, кампании по обязательным энергетическим обследованиям), имеются примеры реальной модернизации производства с целью повышения энергоэффективности.

Различные отраслевые примеры реализации различных резервов повышения энергоэффективности приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Меры и направления реализации резервов энергоэффективности в разрезе отраслей экономики РФ[12] [66]

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
Черная металлургия	Широкая модернизация предприятий отрасли, проведение работ по внедрению энергоэффективных технологических решений, а также введение новых производственных мощностей с оптимизированными энергозатратами, в частности: • модернизацией производственных мощностей на горно-обогатительных комбинатах, входящих в УК «Металлоинвест» ЦФО; • модернизация производственных мощностей в доменном производстве ОАО «Тулачермет», ПАО «НЛМК», ПАО «Северсталь», ОАО «Уральская сталь», ОАО «ЕВРАЗ НТМК», ОАО «ММК», ПАО «Мечел»; • модернизация сталепрокатных мощностей на большинстве предприятий отрасли; • модернизация мощностей по производству стальных труб на большинстве предприятий отрасли. Практически полностью ликвидированы устаревшие энергозатратные, неэкологичные технологии поштучной горячей прокатки труб	Снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов по всем переделам черной металлургии, в частности: - на производство товарной железной руды (включая обогащение и производство концентратов) за период с 2012 по 2015 гг. указанный показатель уменьшился на 2,4 %; - на производство чугуна за период с 2012 по 2015 гг. указанный показатель уменьшился на 2,4 %; - прокат готовых черных металлов за период с период с 2012 по 2015 гг. указанный показатель уменьшился на 10,9 %; - на производство стальных труб за период с 2012 по 2015 гг. совокупное снижение показателя составило 24,8 %. На некоторых предприятиях, напротив, наблюдается увеличение удельного расхода, что связано с увеличением добычи доли «бедных» железных руд, что увеличивает энергозатраты предприятий по производству концентратов (окатышей, агломератов) необходимого качества

[12] По данным Государственного доклада о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2015 году.

Продолжение таблицы 4.1

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
Производство строительных материалов	За 10 лет, в течение которых в отрасль вложены значительные инвестиции, техническое состояние российских производственных мощностей существенно улучшено. При этом техническое состояние многих предприятий все еще не соответствует современным требованиям, остающееся в эксплуатации старое оборудование остро нуждается в модернизации из-за высоких производственных затрат на выпуск продукции из-за применения устаревших технологий, имеющих высокую энергозатратность и материалоемкость. Следствиями этой ситуации являются высокий уровень негативного воздействия на окружающую среду и низкая конкурентоспособность по сравнению с аналогичной импортной продукцией как по цене, так и по качеству. В цементной промышленности с 2011 по 2015 гг. были проведены крупные мероприятия по строительству новых энергосберегающих технологических линий, работающих по сухому способу производства цемента. Всего за последние годы введено в эксплуатацию 19 технологических линий, работающих по энергосберегающим технологиям, общей мощностью 30,4 млн тонн. Выведено из эксплуатации 95 технологических линий общей мощностью 17 млн тонн с наиболее высоким удельным расходом топлива и электроэнергии на производство клинкера и цемента. В последние годы 90 % мощностей по производству строительного стекла переведены на современную технологию, обеспечивающую существенное снижение энергетических ресурсов. Ведутся также работы по реконструкции действующих стекольных предприятий с целью их перевода на энергосберегающие технологии. В промышленности по производству изделий из ячеистого бетона также завершается работа по строительству современных технологических линий по выпуску обычных стеновых блоков и армированных изделий на основе ячеистого бетона.	Снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на производство цементных клинкеров (за период с 2012 по 2015 гг. показатель снизился на 10,5 %). Доля цемента, произведенного по энергосберегающей технологии, увеличилась с 14 % в 2011 году до 45,7 % в 2015 году. В перспективе планируется выполнение мероприятий по переводу действующих предприятий мокрого способа производства цемента на новые энергосберегающие технологии. Суммарная доля мощности заводов мокрого способа производства цемента составляет 59 %. Снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на производство мелких стеновых блоков из ячеистого бетона (с 2014 по 2015 гг. показатель снизился на 22,8 %). Наблюдается увеличение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на производство портландцемента, цемента глиноземистого, цемента шлакового и аналогичных цементов гидравлических (за период с 2012 по 2015 гг. показатель увеличился на 27,3 %) и на производство крупных стеновых блоков (включая блоки стен подвалов) из бетона (с по 2015 гг. показатель увеличился на 9,3 %)

Продолжение таблицы 4.1

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	С целью повышения энергосбережения и энергоэффективности предприятий промышленности строительных материалов в 2015 году утверждены справочники НДТ для таких видов деятельности в промышленности строительных материалов, как производство керамических изделий, производство стекла, производство цемента, производство извести. Цели и задачи по ресурсосбережению и повышению энергоэффективности предприятий отражены в Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года, утвержденной Правительством Российской Федерации 10 мая 2016 года. Она предусматривает установление мер налогового стимулирования энергоэффективности и энергосбережения и формирование нормативной основы для предоставления субсидий на финансирование создания или модернизации промышленной инфраструктуры	
Целлюлозно-бумажная промышленность	Наибольшие затраты энергии приходятся на крупнейшие лесопромышленные предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, что обусловлено особенностями технологических процессов. Предприятия в Европейской части страны в качестве топлива используют газ, а предприятия в Сибири и на Дальнем Востоке – мазут и каменный уголь. Более высокие затраты топливно-энергетические ресурсы в Уральском и Сибирском федеральных округах обусловлены использованием оборудования с большим процентом износа и жесткими климатическими условиями. В целях повышения энергоэффективности в Российской Федерации принимаются меры по расширению сетей газоснабжения в Сибири и на Дальнем Востоке для предприятий, также одно из направлений в данной сфере – принятие мер к переводу котельных на топливо из древесных отходов (пеллет)	Удельный расход топливно-энергетических ресурсов на производство продукции целлюлозно-бумажной промышленности стабильно снижается по всем подотраслям. За период с 2012 по 2015 гг. снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на производство клееной фанеры составило 9,6 %, на производство целлюлозы – 6,1 %, на производство бумаги 5,3 %, на производство картона – 7,2 %. При производстве бумаги и картона низкие затраты на топливно-энергетические ресурсы (0,266 т.у.т./тонн и 0,174 т.у.т./тонн соответственно) в Центральном федеральном округе объясняются более высоким уровнем применяемых технологий и оборудования (показатели средние по стране – 0,336 т.у.т./тонн и 0,308 т.у.т./тонн соответственно)

Продолжение таблицы 4.1

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
Производство минеральных удобрений	В части производства продукции химической промышленности наиболее энергоемкими являются предприятия-производители минеральных удобрений. На предприятиях по производству минеральных удобрений разработаны программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности, включающие в себя комплекс организационных и технических мероприятий. Реализация указанных программ позволит снизить потребление электроэнергии, топлива и воды. На всех предприятиях, в управлении которых участвует Минпромторг России, в директивном порядке внедряются практики бережливого производства	Удельные расходы топливно-энергетических ресурсов по всем переделам отрасли производства химических удобрений имеют тенденцию к снижению. Наиболее значительное снижение наблюдается при производстве фосфорных удобрений - 39,6 % за период с 2012 по 2015 гг.
Добыча нефти и газа	В отрасли происходит планомерное усложнение условий добычи нефти и газа. Постепенное истощение относительно легкодоступных месторождений приводит, в том числе к планомерному повышению доли трудноизвлекаемых запасов. Удельный расход топливно-энергетических ресурсов за период с 2012 по 2015 гг. повысился с 19,5 до 21,9 кг у.т./тонну (на 12,3 %). При этом темпы роста в 2015 году ощутимо замедлились. Так, если в 2013 и 2014 годах прирост по сравнению с уровнем 2012 года составил 4,6 %, то в 2015 году показатель вырос только на 3,1 %. В газовой промышленности Минэнерго России использует меры налогового стимулирования утилизации попутного нефтяного газа (далее – ПНГ)	Показатели удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на добычу нефти и газа имеют тенденцию к повышению в большинстве федеральных округов Российской Федерации. Целевые показатели направлены в первую очередь на сдерживание темпов роста удельных расходов в натуральном выражении. В 2015 году коэффициент полезного использования ПНГ вырос до 88,2 % (+2,7 % к уровню 2014 года)
Переработка нефти	Ввод новых установок первичной и вторичной переработки нефти на Антипинском НПЗ и Сургутском ЗСК в Уральском федеральном округе, на Хабаровском НПЗ и Комсомольском НПЗ в Дальневосточном федеральном округе. Ввод новых усовершенствованных установок с применением двух- и трехстадийных процессов на Новокуйбышевском НПЗ,	Показатели удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на производство продукции в области переработки и транспортировки нефти и газа по данным формы № 11-ТЭР федерального статистического наблюдения свидетельствуют об их росте в Уральском

Продолжение таблицы 4.1

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	Куйбышевском НПЗ, Московском НПЗ, Рязанском НПЗ, Саратовском НПЗ, ОАО «Орскнефтеоргсинтез», Астраханском ГПЗ. Мощности по каталитическому риформингу введены на ОАО «Орскнефтеоргсинтез», Новокуйбышевском НПЗ, Ангарском НПЗ, Комсомольском НПЗ, Хабаровском НПЗ, Куйбышевском НПЗ, Сызранском НПЗ. Мощности по гидроочистке введены на Антипинском НПЗ, Волгоградском НПЗ, Омском НПЗ, ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», Киришском НПЗ. Минэнерго России использует соглашения модернизации НПЗ для стимулирования перехода на производство топлива повышенных экологических классов	федеральном округе с 0,017 до 0,024 т.у.т./тонн (на 41,2 %), в Дальневосточном федеральном округе с 0,042 до 0,053 т.у.т./тонн (на 26,2 %). Увеличение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на производство продукции по процессу изомеризации по Российской Федерации с 0,125 до 0,134 т.у.т./тонн (на 7,2 %). Удельный расход топливно-энергетических ресурсов на производство продукции по гидроочистке представлен показателями по Центральному (0,153-0,146 т.у.т./тонн), Приволжскому (0,140–0,131 т.у.т./тонн) и частично Сибирскому (0,0076 т.у.т/тонн за г.) федеральным округам. В других регионах Российской Федерации в 2012 гг. не наблюдалось существенных вводов указанных мощностей, как и роста удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на производство соответствующей продукции
Транспортировка нефти	Планомерная работа ПАО «Транснефть» по повышению энергетической эффективности, в том числе за счет реализации программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Основные мероприятия, включенные в разработанную и реализуемую ПАО «Транснефть» Программу энергосбережения и повышения энергетической эффективности на период до 2020 года: – оптимизация технологического процесса перекачки нефти (оптимизация технологических режимов, замена насосного оборудования);	Динамика удельных показателей потребления энергетических ресурсов в области транспортировки нефти имеет тенденцию к снижению во всех федеральных округах Российской Федерации

Продолжение таблицы 4.1

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	– энергосбережение в электрооборудовании (замена электродвигателей привода насосных агрегатов); – энергосбережение в системах теплоснабжения (оптимизация режимов теплоснабжения, применение современных теплоизоляционных материалов); – энергосбережение при выработке тепловой энергии (модернизация котельного оборудования); – развитие ИТ-систем диспетчеризации, моделирования потоков и экономического моделирования сценариев развития транспортной сети, использование частотно-регулируемых приводов; оптимизация вспомогательной логистической инфраструктуры: процессов хранения, автотранспортной деятельности	
Генерация электрической и тепловой энергии	За прошедшие пять лет основные фонды в области производства электрической энергии были существенно обновлены (около 10 % от общего объема), прирост установленной мощности генерирующего оборудования за указанный период составил 22,8 ГВт, в том числе в 2011 г. – 3,3 ГВт, в 2012 г. – 5,1 ГВт, в 2013 г. – 4,8 ГВт, в 2014 – 6,7 ГВт, в 2015 г. – 2,9 ГВт. Установленная мощность электростанций ЕЭС России увеличилась с 214 868,6 МВт (на 01.01.2011) до 235 305,559 МВт (на 01.01.2016), т.е. на 20 436,959 МВт (+ 9,5 %). Оптимизация и перераспределение приоритетов при составлении ремонтных программ тепловых электрических станций в сторону работ, направленных на увеличение коэффициента полезного действия основного генерирующего оборудования; действующие в настоящее время в отрасли механизмы нормирования удельных расходов, а также рыночные механизмы продажи электрической энергии (мощности). Проводимый Минэнерго России мониторинг свидетельствует о наметившихся негативных тенденциях к прекращению развития централизованного теплоснабжения, снижение доли выработки тепловой энергии в режиме комбинированной выработки.	Экономия топлива за счёт ввода новый мощностей, оценивается по итогам 2015 г. в сумму более 5 млрд рублей. Показатель удельного расхода условного топлива, достигнутый в 2015 году, является минимальным за последнее 15 лет. В сфере производства тепловой энергии комбинированными источниками производства электрической и тепловой энергии, накопившиеся за последние 20 лет проблемы не позволяют заявить о существенном улучшении основных технико-экономических показателей

Продолжение таблицы 4.1

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	Законодательно в стране установлен приоритет когенерации, однако существующие условия на энергорынке не позволяют использовать преимущества комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. Необходимо создать условия для повышения конкурентоспособности ТЭЦ. Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 321 утверждена госпрограмма «Энергоэффективность и развитие энергетики». Утверждены технические требования в правилах доступа к оптовому рынку электроэнергии и мощности (далее – ОРЭМ). При доступе к ОРЭМ участники обязаны соответствовать предъявляемым техническим требованиям к генерирующему оборудованию. Минэнерго России совместно с Минпромторгом России разработан перечень объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности, утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации от 17.06.2015 г. № 600, в соответствии с которым предоставляются льготы в рамках налогового законодательства	
Передача электроэнергии	Распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2013 г. № 511-р утверждена Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации [64]. В части территориальных распределительных сетей реализуются следующие меры, направленные на снижение доли потерь электроэнергии: - изменение подхода к порядку нормирования потерь электроэнергии, в соответствии с которым нормативы потерь для каждой территориальной сетевой организации устанавливаются не на основе индивидуального расчета по фактически сложившимся показателям баланса электроэнергии и состава оборудования, а на основе целевых показателей, полученных по результатам проведения сравнительного	Фактические потери электроэнергии от отпуска электрической энергии в сеть составили в 2012 году – 11,8 %, в 2013 году – 11,45 %, в 2014 году – 11,36 %, в 2015 году – 11,10 %

Продолжение таблицы 4.1

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	- анализа потерь электроэнергии по группам территориальных сетевых организаций на каждом уровне напряжения; - утвержденные целевые показатели – нормативы потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям территориальных сетевых организаций (приказ Минэнерго России от 30 сентября 2014 г. № 674), полученные на основе сравнительного анализа, применяются регулирующими органами для определения долгосрочного параметра регулирования – «уровня потерь электрической энергии» конкретной территориальной сетевой организации перед началом ее долгосрочного периода регулирования с учетом уровня фактических потерь электроэнергии за последний истекший год. При этом величина потерь электрической энергии определяется регулирующим органом на каждый год долгосрочного периода регулирования исходя из уровня потерь электроэнергии и величины планового отпуска электроэнергии в сеть; - изменение порядка нормирования потерь позволило перейти от фиксации сложившегося уровня фактических технологических потерь к установлению при тарифном регулировании целевых значений, определенных на основании лучших практик, создавая при этом стимулы для организаций к снижению технологических потерь электроэнергии. В части Единой национальной (общероссийской) электрической сети (далее – ЕНЭС) изменение подхода к порядку нормирования потерь электроэнергии при ее передаче по ЕНЭС позволило снизить нормативы потерь электроэнергии при ее передаче по ЕНЭС до уровня, не превышающего уровень технологических потерь электроэнергии отчетного года. Осуществляется нормирование потерь электроэнергии при передаче в распределительных сетях через механизм бенчмаркинга	

Как следует из рассмотрения таблицы 4.1, лидирующие металлургические, химические предприятия, нефтепереработка, целлюлозно-бумажная промышленность, производители стройматериалов (около 20 %) вложили существенные средства в модернизацию, что позволило реализовать крупные проекты и заметно улучшить показатели энергопотребления. Как правило (и это отмечалось в первом разделе), эти предприятия использовали самые крупные, значимые резервы энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В настоящее время этим предприятиям необходимо развивать и актуализировать стратегии модернизации или программы энергоэффективности, где, в частности, оценить применимость и эффективность тех или иных технологических решений с использованием, как собственного опыта, так и наработок передовых предприятий отрасли, информации профессиональных и отраслевых союзов. Предприятия I категории, которые не успели или не закончили соответствующую модернизацию (около 35 %), могут с успехом воспользоваться опытом лидеров.

Консолидированная информация по повышению энергоэффективности в отраслях промышленности за счет реализации различных технологических решений представлена в таблице 4.2.

Данные представлены справочно, в статусе экспертных оценок, в среднем, по отрасли. Мероприятия в таблице приведены с разбивкой по видам резервов, обозначенным в предыдущем разделе Справочника НДТ.

Более полная реализация имеющихся резервов энергоэффективности (до 90-95 %) достигается за счёт широкомасштабной, всеобъемлющей реконструкции (модернизации, техническом перевооружении) производств, предприятий, практически эквивалентной по масштабам новому строительству с использованием высокоэффективных: оборудования, технологий, средств и систем управления.

Таблица 4.2 – Примеры повышения энергоэффективности в отраслях промышленности за счет реализации технологических решений

Отрасли (подотрасли, производства)	Организационные меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические и технические приемы	Использование отходов и вторичных ресурсов	Модернизация технологических процессов
Металлургия (добыча и обогащение, агломерация, производство окатышей, кокса, производство чугуна, стального проката)	Внедрение систем автоматизации на печах с горячим дутьем. Автоматизированные системы контроля и управления технологическими процессами, мониторинга, целеполагания	Технологии вдувания пылеугольного топлива в доменных печах. Технология предварительного нагрева вторичного воздуха с повышением объемов использования кислорода. Предварительный нагрев сталеразливочных ковшей. Технологии утилизации вторичной теплоты, доменного газа. Применение рекуперативных горелок. Горячая загрузка и теплоизоляция печей для горячей прокатки	Использование металлургических газов (доменный, коксовый, конверторный) для снижения расхода природного газа	Применение кислородно-конвертерных печей. Технологии непрерывного литья с получением заданных профилей. Применение энергоэффективных двигателей для горячей прокатки. Технологии сухого тушения кокса. Применение газовых утилизационных бескомпрессорных турбин. Установки для производства водорода методом каталитического риформинга природного газа
Целлюлозно-бумажная	Инфракрасное регулирование профиля	Применение технологий утилизации теплоты при термомеханической обработке целлюлозы	Технология газификации черного щелока и других органических отходов	Модификация аппаратов для размола периодического действия. Применение аппаратов для размола периодического действия. Технология прессования с удлиненной зоной.

Продолжение таблицы 4.2

Отрасли (подотрасли, производства)	Организационные меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические и технические приемы	Использование отходов и вторичных ресурсов	Модернизация технологических процессов
				Технология формирования бумажного полотна из бумажной массы высокой концентрации. Применение двухсеточных бумагоделательных машин. Применение технологии сухого формования
Производство минеральных удобрений		Применение технологии первичного реформинга с газовым подогревом		Применение технологий производства карбамида в аппаратах IV поколения радиальные колонны синтеза аммиака). Применение технологий предреформинга
Угольная промышленность	Применение технологии оптимальных комбинаций выемки угля			Применение технологий (создание производств) глубокой переработки угля
Добыча, первичная переработка и транспортировка нефти и газа	Технологии автоматизированного управления процессами транспортировки нефти и газа. Технологии автоматизированного расчета оптимальных режимов перекачки нефти и газа	Создание локальных систем энергоснабжения на месторождениях. Применение технологий утилизации теплоты технологических потоков при переработке газа		Применение технологий производства жидких продуктов газохимии в районах добычи газа. Переход к технологиям использования непромышленных газов (азот, дымовые газы и др.) в качестве буферных объемов при подземном хранении газа. Переход к использованию резервуаров «с плавающей крышей».

Продолжение таблицы 4.2

Отрасли (подотрасли, производства)	Организационные меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические и технические приемы	Использование отходов и вторичных ресурсов	Модернизация технологических процессов
				Применение объемных насосов для поддержания пластового давления на участках месторождений с низкопроницаемыми коллекторами. Переход к использованию поршневых компрессоров. Повышение качества внутренней поверхности магистральных и распределительных трубопроводов
Энергетика	Технологии автоматизированного и автоматического управления распределенными сетями и источниками генерации. Технологии систем кибербезопасности на объектах генерации и в сетях. Технологии цифровых ПС, кабельных линий высокой проводимости, эксплуатационной оптимизации топологии сетей	Парогазовые и газотурбинные технологии. Паросиловые технологии	Технологии возобновляемой энергетики	Технологии малой, локальной и распределенной энергетики. Технологии частотно-регулируемого привода на механизмах собственных нужд тяго-дутьевой группы, питательных и сетевых насосах. Технологии энергоэффективного освещения

Продолжение таблицы 4.2

Отрасли (подотрасли, производства)	Организационные меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические и технические приемы	Использование отходов и вторичных ресурсов	Модернизация технологических процессов
Сельское хозяйство		Технологии малой тепло- и электрогенерации с использованием биогаза	Технологии гранулирования органических удобрений из отходов животноводства	Технологии энергосберегающего земледелия с применением колесной широкозахватной техники, комбинированных агрегатов, дискаторов, стерневых сеялок. Технологии «нулевой» обработки почв. Технологии капельного орошения
Цветная металлургия	Технологии радиометрической сортировки руд	Технологии автогенных процессов при переработке сульфидных руд: - плавка в жидкой ванне; - взвешенная плавка; - кислородно-факельная плавка; - кислородно-взвешенная циклонно-электротермическая 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

4.2. Организационные меры и принципы ведения технологических процессов

4.2.1 Автоматизация и информационные технологии

Для выявления проблемных участков технологической цепочки 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 (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 управлять эффективностью потребления топливно-энергетических ресурсов в технологическом процессе в реальном времени.

Обобщенная структура энергоснабжения промышленного предприятия приведена на рисунке 4.1.

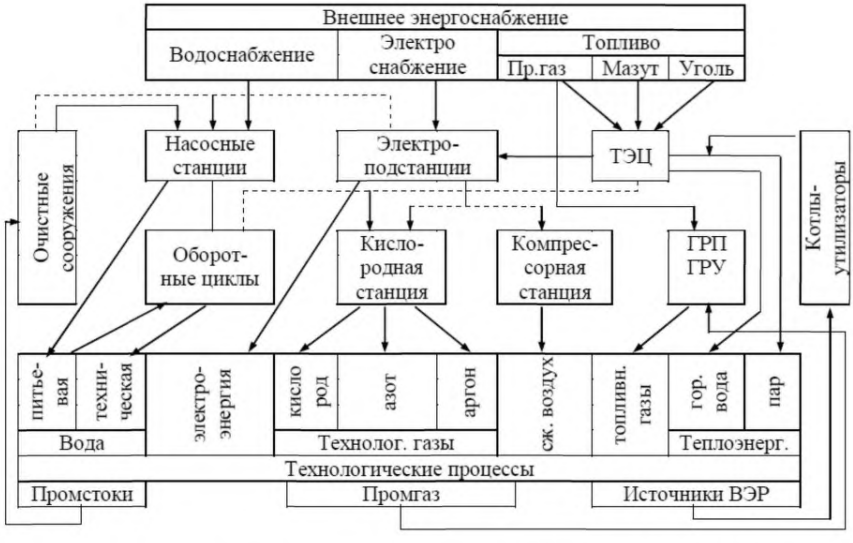


Рисунок 4.1 – Структура энергоснабжения промышленного предприятия

Общая математическая 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. Не существует одного единственного фактора, определяющего состояние всей энергосистемы. Условия эксплуатации постоянно меняются. Обеспечение энергоэффективности требует постоянного внимания ко всему комплексу факторов. Реализация оптимального 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 (АРМ) диспетчера (оператора).

Станции управления предназначены для отображения хода технологических процессов и оперативного управления. Эти задачи в настоящее время решаются посредством SCADA-систем. SCADA – это специализированное программное обеспечение (ПО), ориентированное на обеспечение интерфейса между диспетчером и системой управления, а также коммуникацию с внешними системами.

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

В качестве примера эффективного повышения уровня автоматизации можно привести разработку математической модели коксовой батареи, что 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.

Только полная инвентаризация оборудования позволит выявить наличие дополнительных тепловых возможностей, оценки их объема и температуры позволит создать сводный полный энергетический баланс предприятия, сэкономить энергоресурсы, уменьшить себестоимость продукции и улучшить рентабельность производства.

4.2.2 Оптимизация и управление термодинамическими параметрами процессов

Обобщим требования к управлению параметрами процессов, разделив их по управляемым параметрам.

1. *Температура*. Минимальное значение температуры в технологическом процессе обеспечивает:

- уменьшение процессов испарения жидких фаз и формирования аэрозолей, удаляемых из агрегатов и превращаемых в твердые частицы;
- сокращение процессов окисления серы, азота и прочих газообразных составляющих и превращение их в вредные соединения: оксиды азота, серы и т.д.;
- сокращение образования вредных органических соединений типа бенз(а)пирена и прочих;
- уменьшение превращения менее вредных соединений в более вредные;
- распад вредных соединений на простые элементы, не приносящих вред человеку;

- 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.

Пример. 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. тонн условного топлива и 165 тыс. тонн условного топлива, 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 дает возможность установить рациональный расход топлива, сэкономить его потребление и уменьшить загрязнение атмосферы. Качество кокса определяет его реакционную способность в доменной плавке и определяет его расход в целом. Поскольку большое значение имеет качество кокса, его прочность, которая 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 производства 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.

Пример. Газотурбинные, паротурбинные, парогазовые энергетические циклы на ТЭС.

2. *Давление*. Соблюдение оптимального давления в агрегатах:

- позволяет уменьшить выбросы газов из агрегатов в окружающую среду, то есть формирование неорганизованных выбросов;

- снижает приток холодного воздуха в агрегаты, что исключает необходимость затрат дополнительного тепла и энергии для поддержания необходимой температуры в агрегате;

- создает условия для ведения технологического процесса с минимальным образованием вредных соединений;

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

- позволяет регулировать расход электроэнергии.

Например, в агломерационном производстве уплотнение вакуум-камер агломашины является действенным средством снижения удельного расхода

электроэнергии и топлива. Неплотности газового тракта вызывают подсасывание холодного воздуха и понижение температуры агломерационного газа.

Увеличение объёма газа приводит к дополнительным затратам энергии на дымососы. Усложняется каталитическая очистка газа.

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

- уменьшить затраты тепла и энергии на ведение процесса;
- сократить объём образующихся вредных соединений;
- уменьшить затраты энергии и материалов на нейтрализацию вредных соединений;
- создавать материалы, позволяющие получать минимальные отходы при их использовании при промежуточной и конечной обработке продукции;
- регулировать расход энергии на загрузку материалов, выдачу готовой продукции.

4.2.3 Технологические приемы

Добиться повышения эффективного использования энергии можно не только за счет внедрения новых технологических процессов или оборудования, но и за счет применения технологических приемов, обеспечивающих наиболее экономное расходование энергоресурсов.

К построению технологических процессов можно сформулировать следующие обобщающие требования:

1. Использовать рациональное количество шихтовых материалов и топлива, в т.ч. содержащих особо опасные элементы (1 и 2 класс опасности).

2. Добиваться минимизации всех отходов и их вторичное использование.

3. Уменьшать расходы энергии на всех этапах технологии.

Эти требования выполняются за счет:

1. Нормирования содержания вредных соединений в шихте и топливе.

2. Подбора рациональных величин расходных коэффициентов сырья, топлива, легирующих элементов.

3. Обеспечения минимальной температуры процесса, минимального времени протекания процесса, установление рациональной величины давления.

4. Отработки оптимальных схем ведения процесса.

5. Создания непрерывных процессов, уменьшающих число основных и вспомогательных операций.

6. Контроля, автоматизации и механизации процессов.

7. Создания технологических приемов для извлечения ценных компонентов из твердых отходов и вторичного использования отходов в промышленности, строительстве, быту.

8. Разработки менее энергоёмких материалов для их использования в машиностроении, строительстве, транспорте и т.д.

9. Корректировки технологических параметров для уменьшения энергопотребления.

Аналогичные требования можно сформулировать и для оборудования:

1. Ведение процессов в закрытых агрегатах.

2. Наличие в агрегатах минимального количества основных и вспомогательных отверстий.

3. Наличие специальных устройств для передачи сыпучих материалов.

4. Проектирование минимального количества единиц оборудования для ведения процесса.

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

6. Разработка надежного сочленения вспомогательных устройств и механизмов с промышленными агрегатами.

7. Монтаж минимального количества теплогенерирующих устройств и обеспечение надежной конструкции дымоотводящих трактов.

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 выделение 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, 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, определяющих минимальную температуру ведения процесса и установление рациональной 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, локализуемых путем их сжигания в камерных и других печах;
- теплого воздуха.

6. Использование тепла экзотермических смесей при их охлаждении для поддержания необходимой температуры проведения процесса в соответствующих агрегатах.

7. Использование тепла поступающих материалов на проведение технологического процесса при необходимости их предварительного охлаждения.

8. Использование тепла полупродукта в случае его охлаждения.

9. Использование тепла конечных продуктов при их охлаждении.

10. Совмещение технологических процессов в случае возможности утилизации тепла шихтовых материалов и направлении этого тепла на проведение основного технологического процесса, в котором участвует такой шихтовый материал, что ведет к исключению топлива из технологического цикла.

11. Подбор технологии, где исходный материал обладает горючими свойствами и исходным элементом проведения технологии.

12. Сбор попутного газа (N_2, NH_3, и т.д.) и его вторичное участие в химических процессах.

13. Использование химических отходов.

14. Разработка технологических приемов по уменьшению образования и эмиссии вредных соединений в окружающую среду.

15 Локализация вредных выбросов в атмосферу и водоемы.

4.2.4 Рациональный выбор источника энергии в агрегатах, оптимизация процесса горения

Например, 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.

Достаточно существенным потенциалом энергосбережения обладают технологии повышения излучающей способности газового факела для интенсификации процессов в промышленных печах и котлах, поскольку непосредственно снижают расход первичного топлива при сжигании, которое применяется практически во всех отраслях промышленности. Например, подавляющее количество промышленных печей работают на природном газе. При его сжигании образуются дымовые газы, в состав которых входят преимущественно CO_2 и H_2O. Они обеспечивают излучение факела в ограниченной части световых волн.

Задача состоит в том, чтобы увеличить диапазон излучения и повысить теплоотдачу газов нагреваемому теплу. Это можно сделать за счет дополнительного излучения частицами углерода, которые можно получить разложением части природного газа при высоких температурах и недостатке воздуха на горение. При сжигании природного газа различного состава в тех или иных топочных устройствах, можно добиться степени черноты факела в пределах 0,2–0,9, за счет карбюризации факела.

4.2.5 Непроизводственные затраты энергии

Для снижения издержек предприятия также необходимо учитывать возможности модернизации самих производственных помещений и оборудования вспомогательных производств, объектов инфраструктуры. Например, внедрение энергоэффективного освещения (в том числе уличного), систем инфракрасного отопления, утепление зданий и т.п.

Описанные в настоящем подразделе подходы и методы позволяют выделить **НДТ, состоящую в организации оптимального контроля и управления системой потребления энергии и производственным процессом с использованием современных средств автоматизации.**

4.3. Использование полной внутренней энергии

4.3.1 Утилизация тепловой энергии

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 проч. Примеры источников утилизации тепловой энергии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Возможные источники теплоты в промышленности и их использование: газы, тепло материалов и отходов

Вид производства	Тепловой процесс	Тепловые отходы и материалы
Металлургия		
Коксохимия	Нагрев шихты	Коксовый газ
Агломерация	Нагрев шихты, охлаждение агломерата, нагрев воздуха	Аглогазы
Производство окатышей	Нагрев шихты, охлаждение окатышей	Отходящие газы
Доменное производство	Нагрев воздуха, нагрев и плавление шихты, химические реакции	Доменный газ, тепло металла, тепло шлака
Сталеплавильное производство, в т.ч.:		
- мартен	Нагрев воздуха, нагрев и плавление шихты, подготовка ковшей	Дымовые газы, тепло металла, тепло шлака, тепло ковшей, тепло изложниц
- конвертор	Нагрев и плавление шихты, подготовка ковшей	Конверторный газ, тепло ковшей, тепло металла, тепло шлака, тепло изложниц
- электропечи	Нагрев и плавление металла, обработка ковшей, нагрев шихты	Дымовой газ, тепло металла, тепло шлака, тепло ковшей, тепло изложниц
Прокатное производство	Нагрев металла	Дымовые газы
Термическое производство	Нагрев металла, охлаждение металла	Дымовые газы
Машиностроение		
Получение чугуна	Нагрев и плавление шихты, подготовка вспомогательного оборудования	Ваграночные газы, тепло металла
Ковка металла	Нагрев металла	Отходящие газы, тепло металла
Термическое производство	Нагрев металла, охлаждение металла	Отходящие газы
Гальваническое производство	Подогрев ванны	Пар
Энергетика		
Получение пара	Нагрев котлов, подготовка воды, нагрев воздуха, перегрев пара	Отходящие газы, зола топлива
Получение энергии	-	Использование пара различного давления и температуры, конденсация пара, сбросное тепло градирен

О важности использования дополнительных источников тепла в 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. Дополнительно природный газ используется в различных дополнительных технологических операциях. Известно, что стоимость электроэнергии составляет около 40 % от всех затрат на производство алюминия.

Поэтому, тепловые отходы – это важный аргумент в уменьшении этой величины, а также в сокращении общей стоимости алюминия. Тепловые отходы в алюминиевом производстве образуются в основном в процессах плавления и разливки металла. Компрессорные установки являются дополнительным источником тепловых потерь. Следует помнить, что перед скрубберной обработкой газы следует охлаждать, т.е. понижать 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 разливки металла;
- при изготовлении вспомогательных материалов;
- с потерей энергии шлаками, шламами, сточными водами.

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, рамп особой конструкции, можно получить дополнительно 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 % энергии с помощью теплообменников, получая дополнительно 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 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.

Нефтеперерабатывающие заводы также имеют объекты, которые интенсивно охлаждаются. По экспертным оценкам на одном заводе такого профиля можно утилизировать около 60 % тепла с температурой менее 200°С. Циркуляционная вода имеет температуру до 100°С. Она питает котельные установки. Вода поступает от установок по обработке сырой нефти, вакуумных фракционных систем и имеет температуру 100–140°С, т.е. в процессе технологического цикла образуется пароводяная смесь.

В числе устройств, где можно утилизировать тепло, входят емкости по получению самой разнообразной продукции. Это керосин, бутан и другие составляющие нефтехимического производства. Примеры источников тепловой энергии приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Промышленные источники тепловой энергии

Источники	Температура,°С
Низкотемпературные источники тепла	
Паровая конденсация	70–100
Водоохлаждаемые системы: - печные заслонки - воздушные компрессоры - насосы - воздушные кондиционеры и холодильники	 50–70 45–100 45–65 50–60
Процессы затвердевания	50–250
Процессы ожижения	50–250
Сушилка, процессы приготовления пищи	110–250
Жидкостные конденсаторы	50–100
Охлаждение опор	50–100
Охлаждение сварочных агрегатов	50–100
Инжекционные формовочные машины	50–100
Обжиговые печи	80–250
Установки формовочных штампов	80–250
Конечные твердые продукты	110–250
Конечные жидкие продукты	до 220
Сушильные установки	110–250
Печи для приготовления продуктов различного назначения	110–250
Экономайзеры	80–90
Теплообменники	55–60
Установки кузнечного прессового оборудования	45–65
Двигатели внутреннего сгорания	80–140
Среднетемпературные источники тепла	
Бойлер	250–500

Продолжение таблицы 4.4

Источники	Температура,°С
Газотурбинная установка	400–600
Термическая печь	400–660
Сушильная печь	250–600
Печь для получения катализаторов	440–600
Высокотемпературные источники тепла	
Печь для получения никеля	1400–1700
Печь для получения алюминия	600–770
Печь для получения цинка	770–1100
Печь для получения меди	770–810
Мартеновская печь	660–720
Печь для получения цемента	640–750
Стекловаренная печь	1000–1600
Водородная установка	660–1000
Мусоросжигательная печь	600–1000

Как следует из рассмотрения таблицы 4.4, перечисленные источники тепла в промышленности имеют огромный энергетический потенциал. Он может быть использован для нагрева сырьевых материалов, газа, воздуха.

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.

Например, в РФ по статистике лишь около 30 % кокса на коксохимическом производстве тушится сухим способом, в результате этого физическая тепловая энергия горячего кокса используется не более чем на 30 %. Применение сухого тушения приводит к снижению потерь тепловых ВЭР горячего кокса, т.к. тепловая энергия, полученная циркулирующими газами, используется для выработки пара в котлах-утилизаторах (КУ).

На российских металлургических комбинатах этот пар не всегда полностью используется для выработки электроэнергии на теплоутилизационных электростанциях в связи с низкими параметрами (4 МПа, 440°С). Хотя, например, на одном отечественном заводе существует ТУЭС мощностью 16 МВт с турбинами ПТ-12-35/10 и Р-4-35/15. За рубежом эксплуатируются УСТК производительностью по коксу от 50 до 260 т/ч, производимый в результате пар с параметрами 410–540°С и 3,8-11,5 МПа позволяет вырабатывать от 18 до 30 МВт электрической мощности.

Еще один пример эффективной утилизации тепловой энергии – использование подогретого природного газа, что повышает результативность технологического процесса, исключается расход воды, охлаждающей кожух печи, что так же дает экономию энергетических средств, связанных с подачей воды и доведения ее до определенного качества.

Оценка влияния подогрева природного газа на процесс его горения в фурме доменной печи показали, что с увеличением температуры подогрева природного газа на входе в поток дутья до 300°С содержание метана в струе газа на выходе из фурмы уменьшается с 3,1 до 2,2 %. Подогрев природного газа дает возможность сократить расход воды на охлаждение доменной печи на 400 тыс. $м^3$ в год.

Суммарное сокращение энергозатрат на выплавку чугуна при подогреве природного газа достигается благодаря:

- сокращению потерь тепла с охлаждающей водой воздушных фурм;
- сокращению расхода газа и, следовательно, затрат на добычу угля, обработку его в коксовых печах и очистке коксового газа в специальных устройствах;
- повышению полноты сгорания природного газа;
- увеличению степени использования водорода в результате более равномерного распределения по сечению печи;
- за счет увеличения температуры дутья на 130°С и подогрева природного газа на 200°С и более расход кокса в доменных печах может быть сокращен на 71 кг/т чугуна.

Следует отметить, что 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, если их полые поверхности использовать как нагревательный элемент, тогда можно нагревать воздух и газ, используемые как генератор тепла в технологическом процессе. В таблицах 4.6–4.8 показаны потери тепла в печах с охлаждающей водой и потенциал энергосбережения при их утилизации.

Таблица 4.6 – Потери тепла нагревательными печами прокатных станов с охлаждающей водой

Печи	Средняя производительность печи при холодной садке т/час	Среднее количество тепла, поданного в печь, мг*ккал/ч	Потери тепла с охлаждающей водой		
			мг*ккал/ч	на 1 т тыс. ккал	%
Крупносортных станов (900–700)	60	20	6,0/3,0	100/50	30/15
Листопрокатных станов (2800–2250)	50	30	7,0/2,0	140/40	23/7
Среднесортных станов (600–500)	40	20	3,75–2,25	93/56	19/11
Мелкосортных станов (400–250)	20	15	2,0/1,35	100/67	13/9

Таблица 4.7 – Потери тепла с охлаждаемой водой

Емкость печей, т	Производи-тельность 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 пароиспари-тельное охлаждение
35	5	0,29	0,24	17,0	13,9
50	6,3	0,24	0,19	16,0	12,4
70	8,0	0,2	0,16	13,8	11,0
90	9,7	0,29	0,25	21,0	17,8
125	12,6	0,23	0,19	17,8	14,7

Таблица 4.8 – Приход тепла и потери его с охлаждающей водой для газовых мартеновских печей

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		
35	4,8	7,8	1,8	2,15	1,83	0,50	0,43	27,6	23,6
50	5,5	8,8	1,6	2,28	1,99	0,42	0,36	26,0	22,6
70	7,1	10,6	1,5	2,49	2,15	0,35	0,29	23,6	20,0
90	8,6	12,0	1,4	3,70	3,22	0,43	0,37	31,0	27,0
125	12,6	15,1	1,2	3,89	3,29	0,81	0,26	25,6	21,8
185	16,6	19,1	1,15	4,15	3,41	0,25	0,20	21,6	17,9
250	19,4	21,4	1,1	4,25	3,44	0,22	0,18	20,0	16,1
370	27,4	27,4	1,0	4,79	3,72	0,17	0,14	17,3	13,6
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.

Таблица 4.9 – Утилизация тепловой энергии в металлургии

Энергоэффективные объекты и технологии	**Качественная характеристика объекта, обуславливающая его высокую энергетическую эффективность**
Блок воздухонагревателей доменной печи	Наиболее эффективная утилизация вторичных энергоресурсов 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)
Установка сухого тушения кокса	Эффективная утилизация технологического тепла раскаленного кокса для выработки пара, с последующим его использованием на технологические нужды или для производства электроэнергии
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
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)
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
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
Установка утилизации тепла отходящих газов печей производства ферросплавов	Утилизация тепла дымовых газов печей производства ферросплавов с выработкой тепловой энергии

Продолжение таблицы 4.9

Энергоэффективные объекты и технологии	Качественная характеристика объекта, обуславливающая его высокую энергетическую эффективность
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
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
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 кгут/т
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

4.3.2 Источники низкопотенциальной энергии

Источники низкопотенциальной энергии от множества технологических агрегатов пока не нашли широкого применения в промышленности. Это тепло воды, охлаждающей арматуру печей, тепло внешней поверхности печей, тепло воздушных потоков, циркулирующих в межпечном пространстве.

Энергетические объекты сбрасывают тепло воды, которая охлаждается на градирнях, поступает в оборотные системы воды и 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.

Большое количество производственных газов формируется в химической промышленности. 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.

В ряде случаев вода является участницей технологического процесса. Например, гидросбив в прокатном производстве. Она нагревается и сбрасывается в производственную сеть – 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 провести 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.

Наиболее эффективно ТНУ могут применяться при замене водогрейных электрокотлов. 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 – оборотная вода подводится к конденсатору теплового насоса и увеличивает температуру горячей воды для отделочных работ стекольного производства.

Тепловые насосы могут использоваться и в энергетике, например, для решения проблемы снижения эффективности работы парогазовых установок (ПГУ) в летнее время (из-за падения мощности газотурбинной установки (ГТУ) при высоких температурах наружного воздуха, поступающего в компрессор) можно использовать в

системе охлаждения компрессорного воздуха абсорбционный бромистолитиевый насос (АБТН).

В теплый период года АБТН переводят в режим абсорбционной холодильной машины (АБХМ), а в отопительный сезон – в режим теплового насоса (АБТН). Насос работает за счет тепловой энергии, круглогодично отводимой от сжатого воздуха (между ступенями компрессора).

В режиме АБХМ это позволяет получить два тепловых потока: охлаждение воздуха на входе в компрессор и подогрев топливного газа, горячей воды. 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 полезная мощность ГТУ увеличивается на 23 % (относит.), а КПД – на 4,6 % (относит.).

При увеличении температуры атмосферного воздуха и включении АБХМ мощность и КПД установки не только не снижаются, как это обычно наблюдается у всех ГТУ, а напротив, увеличиваются.

Также тепловые насосы эффективно использовать для отопления как производственных помещений, так и объектов за пределами предприятия, при размещении ТНУ на объектах и обеспечении низкопотенциальным теплом. Такое решение позволяет не только утилизировать тепловые отходы, но и исключить или сократить затраты на создание и эксплуатацию дополнительных источников теплоснабжения.

4.3.3 Использование скрытой теплоты фазового перехода и энергии химических реакций

Пароиспарительное охлаждение различных конструкций высокотемпературных агрегатов – это уникальный способ, дающий возможность 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, там, где ведутся технологические процессы с высоким температурным уровнем. Агрегаты, где можно охлаждать детали и 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 практически получается при охлаждении всех внешних поверхностей высокотемпературных агрегатов. Пар образуется при охлаждении шахты доменных печей, фурменных приборов, клапанов

воздухонагревателей. В мартеновский 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. 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). Примеры технологических источников пара в отраслях промышленности приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Источники выделения пара и возможного использования в различных технологиях, в том числе пароиспарительное охлаждение

Конечный продукт	**Химическая формула**	**Выделение и использование**
Сода	Na_2CO_3	Разложение $NaHCO_3$ при температуре 175°С, сушка
Сульфат аммония	$(NH_4)_2SO_4$ (экзотермическая реакция)	Вакуумная выпарка, сушка
Фосфаты: натрия и другие	Na_2HPO_4	Нагрев смеси, вакуумная кристаллизация, сушка
Цианистый водород	HCN с участием NH_3	Получение вторичных энергоресурсов
Акрилонитрил	C_3H_3N с участием NH_3	Сушка, температура основного процесса 400°С
Хлористый аммоний	NH_4Cl	Температура процесса 100°С, вакуумная кристаллизация, сушка
Хлористый калий	KCl	Подогрев раствора до 100°С, вакуумная кристаллизация, сушка
Мочевина	-	Температура процесса 190°С в автоклаве, кристаллизация
Фтористая кислота	HF	Пар на технические нужды
Каустическая сода	NaOH с участием Na_2CO_3	Процесс испарения
Сульфат натрия	Na_2SO_4	По одному из вариантов технологии кристаллизация, сушка
Хромат и дихромат соды	Na_2CrO_4, $Na_2Cr_2O_4$	Кристаллизация, сушка
Сульфат натрия	$Na_2S_2O_3$	Нагрев автоклава, кристаллизация, сушка
Уксусный ангидрид	$C_4H_6O_3$	Нагрев реактора, выпаривание, конденсация
Сульфат алюминия	$Al_2(SO_4)_3$	Температура процесса 105°С, процесс испарения

Продолжение таблицы 4.5

Конечный продукт	Химическая формула	Выделение и использование
Карбонат бария	$BaCO_3$	Кристаллизация, сушка
Борная кислота	H_3BO_3	Подогрев компонентов, вакуумная кристаллизация
Сероводород	H_2S	Получение парообразных веществ при сжигании
Водород	H_2	Пар для проведения процесса
Хлористый натрий	NaCl	Процесс выпарки
Соли брома	KBr	Прокаливание, упаривание
Бромистый аммоний	NH_4Br	Упаривание, охлаждение
Соли йода	KJ	Пар на отогрев агрегата, выпаривание
Соли магния		В зависимости от варианта технологии: нагрев, прокаливание отжиг
Соли бария: карбонат натрия	$NaBO_3$	Кристаллизация, сушка
Пиросульфат натрия	$Na_2S_2O_5$	Нагрев паром, выпарка
Тиосульфат натрия	$Na_2S_2O_3$	
Сульфат аммония	$(NH_4)_2S_2O_3$	Выпарка в вакууме
Плавиковая кислота	H_3AlF_6	Нагрев, вакуумирование, сушка
Арсенат кальция	$Ca(AsO_2)_2$	Нагрев до 50°С, сушка
Арсенат натрия	Na2HAAsO3 Na3AsO4	Нагрев, упаривание, сушка
Оксид мышьяка	As_2O_5	Подогрев, вакуумирование, фильтрация, сушка
Мышьяковая кислота	H_3AsO_4	Подогрев, вакуумирование, фильтрация, сушка
Гидрат кальция	$Ca(OH)_2$	Нагрев
Цианистый натрий	NaCN	Нагрев, кристаллизация, сушка
Ортофосфат натрия	Na_3PO_4	Нагрев компонентов, подогрев, смешение
Сульфат алюминия	$Al_2(SO_4)_3$	Подогрев, испарение
Анилин	$C_6H_5NH_2$	Нагрев автоклава
Бутилацетат	CH_3COOC_4	Нагрев реактора паром t = 90°С

С учётом описанных в данном подразделе подходов, к **НДТ могут быть отнесены для предприятий, где это применимо:**

- утилизация тепловой энергии выбросов, отходов, продукции, систем охлаждения;

- оптимизации термодинамических параметров производственного процесса, в том числе теплоизоляции объектов с повышенной температурой.

4.4. Использование отходов производств

Отметим, что не только продукция, или технологические процессы могут служить источником энергии. Отходы производств тоже могут являются ценным ресурсом как сырьевым, так и топливным. Эффективность переработки и энергетическая ценность как топлива некоторых видов отходов представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Энергетические показатели отходов

Вид отходов	Теплота сгорания, ГДж/т	Эффективность переработки, %
Пластик	34,2 34,2 34,2	70[2] 55[3] 45[1]
Бумага	11,0 11,0 11,0	70[2] 55[3] 57[5]
Резина (муниципальный отход)	26,0 26,0	70[2] 55[3]
Резина (промышленный отход)	31,0 31,0	55[3] 50[4]
Древесина	8,0 8,0 8,0 8,0	70[2] 65[3 и 4] 70[4] 57[1]
Картон	25,0	70
Термореактивные смолы	45,0	70

Примечания:

1 – сжигание спрессованных отходов, 2 – сжигание в насыпном слое, 3 – пиролиз, 4 – сжигание мелких фракций, 5 – газификация.

Из рассмотрения таблицы следует, что существенное количество теплоты можно получить сжиганием отходов. Для этого нужно организовать их сбор и создать оборудование для этих целей.

Целлюлозно-бумажное производство является источником вторичного сырья (биомассы), способного покрывать значительную часть собственных потребностей в энергоносителях. Еще одним направлением кардинального снижения энергоёмкости является использование вторичного волокна (макулатуры).

Одним из интересных проектов, реализующемся в настоящий момент является использование отходов нефтепереработки (нефтяной кокс) в качестве топлива для находящейся рядом ТЭЦ. На установке глубокой переработки тяжелых остатков нефти

одного из НПЗ принята схема с использованием технологии замедленного коксования, в качестве остатка нефтепереработки получается нефтяной кокс. На ТЭЦ ведется перевод основного котельного и котельно-вспомогательного оборудования на технологию факельного сжигания нефтяного кокса, в виде пылевидного топлива, с получением электрической и тепловой энергии.

Промышленные отходы в виде золы и шлаков от сжигания твердых видов топлива (уголь разных видов, горючие сланцы, торф) на ТЭС являются перспективным сырьём. Химический и минералогический состав зольных и шлаковых отходов подходит для производства строительных материалов, использования в дорожном строительстве, в производстве удобрений. Перспективной является глубокая (комплексная) переработка золошлаковых отходов с получением глинозема, кремнезема, концентрата железа и целого ряда редкоземельных материалов.

Следовательно, практически для всех предприятий (и прежде всего – для объектов I категории) **НДТ состоит в повторном использовании отходов технологического процесса и уменьшении их количества.**

4.5. Топология систем и инфраструктурные проекты

4.5.1 Эффект масштаба

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.

Укрупнение единичных мощностей технологических установок нефтепереработки в сочетании с комбинированием процессов может дать значительный эффект. Комбинирование процессов в одном блоке, где совмещены стадии вакуумной разгонки мазута, крекинга газойля, висбрекинга гудрона и газофракционирования позволяет в 2–3 раза сократить потребление пара, на 60 % уменьшить расход топлива и более чем в 10 раз сократить расход охлаждающей воды. Теплота пиролизного и дымовых газов при этом используется для выработки пара в котлах–утилизаторах, с помощью которых приводятся в действие компрессоры и насосы этого же агрегата.

Также проекты по технологической кооперации источников тепло- и электроэнергии с крупными потребителями несут значительный потенциал

энергосбережения, что в комплексе даёт синергетический эффект, например, сбор и прием возвратного конденсата от внешних потребителей пара ТЭЦ.

4.5.2 Повышение эффективности электродвигателей

Электропривод является одним из основных потребителей электрической энергии для многих производств.

1. Использование энергоэффективных электродвигателей.

Начальные затраты на приобретение такого 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 % номинальной, 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 широком 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 применения 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.

Принимая во внимание представленные аргументы, **к НДТ следует отнести применение инфраструктурных и технологических приемов повышения энергоэффективности.**

4.6. Энерготехнологическое комбинирование, модернизация технологий

В настоящее время большие резервы повышения эффективности находятся в производственных процессах. Особенно это видно при протекании химических реакций при производстве кислот, солей и других веществ, где проходят тепловые процессы с выделением или поглощением тепла.

К примеру, по традиционной схеме получения серной кислоты, в каждом промежуточном цикле образуется избыточная теплота. 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 650×10^3 ккал тепла, при этом для формирования SO_3 необходимо 219×10^3 ккал тепла. В контактной башне образуется серная кислота, которая содержит только 50×10^3 ккал тепла, имеется достаточное количество избыточного тепла в процессе получения SO_3.

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 возможно избыточное тепло сернокислотного производства использовать для получения соляной кислоты. Такой принцип построения технологий позволяет соединять эндо- и экзотермические процессы, исключая при этом использование топлива или существенно сократить 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 60 % объёма коксового газа.

Из 140 $нм^3$ коксового газа можно получить 60 $нм^3$ высококачественного водорода. Использование водорода может быть комплексным: часть направляется на ТЭЦ для получения тепла и энергии, определенное количество – является сырьем для получения аммиака. Водород также может служит восстановительным газом в металлургической технологии.

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.

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 не используется дополнительное топливо.

3. Оценить тепловые потенциалы исходных материалов и процесса получения конечных продуктов.

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

5. Использовать все тепло, полученное при образовании 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, так и как источник тепловой энергии.

7. Все составляющие конечного продукта использовать в различных технологиях.

8. Все тепловые и материальные отходы утилизировать.

9. Образующиеся вредные соединения нейтрализовать.

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

Примеры использования сырья как источника энергии для технологического процесса приведены в таблице 4.11. В перечисленных в таблице 4.11 процессах сера является источником получения серной кислоты, при образовании которой в ряде технологических операций образуется тепло. Сера может служить источником тепла при ее сжигании для выполнения промежуточных операций. Серная кислота является катализатором для получения других веществ.

Таблица 4.11 – Использование химических элементов в качестве сырья и источника энергии в технологических процессах

Химический элемент	**Способ использования**	**Исключаемое топливо**	**Технологическая операция**	**Калорийность элемента, ккал/кг**
Сера, сырьевой материал и источник тепла*	Совместное производство серной и соляной кислот	Природный газ	Получение тепла горения серы для обогрева печи, где образуется соляная кислота	2200
	Совместное производство серной и фтористой кислот			
	Совместное производство сульфата бария и серной кислоты			
	Совместное производство хромата, бихромата соды и серной кислоты			
	Совместное производство ортофосфата натрия и серной кислоты			
	Совместное производство борной и серной и кислот			

Продолжение таблицы 4.11

Химический элемент	Способ использования	Исключаемое топливо	Технологическая операция	Калорийность элемента, ккал/кг
	Совместное производство серной кислоты и сероуглерода			
	Совместное производство серной кислоты и одного из веществ: бутилацетата, бутилена, капролактама, ацетилцеллюлозы и т.д.			
Фосфор, сырьевой материал и источник тепла	Совместное производство серной кислоты и одного из веществ: бутилацетата, бутилена, капролактама, ацетилцеллюлозы и т.д.	Природный газ	Выпарка раствора	
	Фосфорная кислота и фтористоводородная кислота	Природный газ	Нагрев смеси	
	Метафосфат натрия	Природный газ	Нагрев смеси	
	Триполифосфат натрия	Природный газ	Сушка продуктов	
	Пирофосфат калия	Природный газ	Сушка продуктов	
	Фосфорная кислота	Природный газ	Нагрев смеси	
	Другие технологические операции с участием фосфорной кислоты, где с выделением тепла и образованием фосфатов	Природный газ	Выполнение технологических операций	
Аммиак	Аммиак и азотная кислота	Природный газ	Технологические операции по подогреву исходных материалов и изменения их фазового состояния, проведение основного процесса, сушка продуктов	18600
	Аммиак и получение одного из перечисленных продуктов: полиуретаны, полиамиды, нитраты и нитриты, карбонат аммония, уротропин, тротил, аммонаты, анилин, нитробензол, нитрофос, аммиачная селитра, жидкие удобрения, меламин, сода, мочевина, смолы, гидразин и т.д.			

Химические технологии как источники тепловой энергии и варианты использования энергии приведены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Энергетические источники тепла в химических технологиях

Теплоноситель	Место образования, получение конечного продукта	Способ использования	Теплота сгорания, ккал/кг
Водород	Хлористый цинк ($ZnCl_2$)	Нагрев исходных материалов: цинк, соляная кислота	34180
	Толуол ($C_6H_5CH_3$)	Разложение исходного материала: метилциклогексан	
	Ксилен ($C_6H_4(CH_3)_2$	Разложение диметилациклогексана	
	Бутадиен (C_4H_6)	Разложение бутадиена	
	Формальдегид (CH_2O)	Разложение CH_3OH	
	Пропилен (C_3H_6)	Разложение пропана	
	Водород (H_2)	Окисление C_3H_8 водой; окисление CO	
	Цианистый водород (HCN)	Подогрев исходных компонентов	
	Каустическая сода (NaOH)		
	Хлорат натрия ($NaClO_3$)	Проведение основного технологического процесса	
	Перманганат калия ($KMnO_4$)	Нагрев технологического агрегата	
	Цианид кальция ($CaCN_2$)	Нагрев исходных смесей	
Сера и сероводород	Хлористый барий	Энергетическое топливо	
	Азотистый барий		
	Окись азота		
	Карбонат бария		
	Мочевина		
	Сернистый натрий		

Продолжение таблицы 4.12

Теплоноситель	Место образования, получение конечного продукта	Способ использования	Теплота сгорания, ккал/кг
Оксид углерода	Газификация топлива	Источник тепла	
	Ваграночные газы	Увеличение производительности вагранок	
	Конверторный газ	Отопление металлургических агрегатов	
	Коксовый газ		
	Доменный газ		
	Ацетилен	Промышленные цели	
	Цианистый натрий (NaCN)	Энергетическое топливо	
	Серный натрий (Na_2S)		
	Сульфид бария (BaS)		
	Хлористый титан ($TiCl_4$)		

Продукты химических производств тоже могут обладать потенциалом тепловой энергии, которая может быть использована на параллельных производствах. Например, тепловая энергия аммиака, как это показано в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Тепло охлаждения газа после отвода из агрегата и подачи на очистку

Теплоноситель	Место образования, получение конечного продукта	Способ использования
Аммиак	Бромистый калий	$NH_4Br + KOH = KBr + NH_3 + H_2O$
	Меламин	$\underline{6CO(NH_3)_2} \rightarrow C_3H_3(NH_3)_3 + 6HN_3 + 3CO_2$ мочевина
	Карбонат кальция	$CaCN_2 + 3H_2O \rightarrow CaCO_3 + 2NH_3$
	Хлористый кальций	$Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl \rightarrow 2NH_3 + CaCl_2 + H2O$
Пар	Процессы сушки различными способами	Нагрев агрегатов, обработка растворов и т.д.

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 до 4-х раз меньше.

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).

4.7. Работа агрегатов и систем в номинальных режимах

Формально, номинальный режим – 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.

Номинальный режим может отличаться от оптимального, известно, что при проектировании часто закладывается некий «запас», поэтому важно анализировать фактические графики энергопотребления конкретного промпредприятия и отдельных агрегатов. Реальные групповые графики потребления электроэнергии чаще бывают почти 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, так коэффициент формы графика равен отношению среднеквадратичного тока (или среднеквадратичной мощности) приемника или группы приемников за определенный период времени к его среднему значению за то 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 эти характеристики, а также показатели режима работы потребителя.

Другой 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) 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 расчетным коэффициентом теплопередачи (т.е. его коэффициент теплопередачи при одном и том же загрязнении уменьшается на большую долю).

Очистка от отложений важна и для трубопроводных систем, например, очистка нефтепроводов от парафинов, оседающих из нефти на внутренние стенки трубы и осложняющие процесс перекачки. Снижение эквивалентного диаметра снижает проектную пропускную способность и приводит к увеличению удельного расхода электроэнергии на транспортировку нефти.

Выход за расчетные режимы, или «энергетические патологии» приводят к снижению, как правило, не только КПД, но и надёжности эксплуатации оборудования.

Сказанное выше относительно важности работы в номинальном режиме, справедливо, не только для отдельных агрегатов или предприятий, но и энергосистем в целом (табл.4.14). Например, лишение ТЭЦ проектных тепловых нагрузок (прежде всего уход промышленных потребителей) сразу снижает эффективность работы как самой теплоцентрали, так и всей системы централизованного теплоснабжения.

Таблица 4.14 – Некоторые примеры возможных отклонений от номинальных режимов в промышленных энерготехнологических и теплотехнологических агрегатах и установках и пути их нейтрализации

Отрасли (процессы)	Отклонения от номинальных режимов («энергетические патологии»)	Пути и методы нейтрализации отклонений
Электро-энергетические сети и системы	Недозагрузки трансформаторов линий электропередач	Замена трансформаторов на менее мощные
	Снижение cos φ	Устройства компенсации реактивной мощности
Теплофикационные турбоагрегаты ТЭЦ	Недозагрузка теплофикационных отборов	Подключение дополнительных потребителей
Насосы и нагнетатели	Работа на пониженных напорах, расходах	Применение регулируемого привода (гидромуфты, ЧРП)
Теплообменное оборудование	Наличие отложений на стенках, снижающих эффективность теплообмена	Очистка стенок, промывка теплообменников различными средами

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

К примеру, в системе теплоснабжения, включающей ТЭЦ и котельные, дополнительная тепловая нагрузка может обеспечиваться как от котельных, так и от ТЭЦ, при этом 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 раздельной выработкой тепловой и электрической энергий. Однако существующие правила обязывают ТЭЦ поставлять электроэнергию не на локальном рынке близлежащим потребителям, а формально на оптовом рынке, где стоимость электроэнергии удваивается за счет транспортной составляющей на содержание ЛЭП от АЭС и ГЭС. Соответственно, ТЭЦ, проигрывая по цене, теряют в первую очередь промышленных потребителей, которые вынуждены отвлекать инвестиции на строительство собственных ТЭЦ мощностью до 25 МВт (не обязанных выходить на оптовый рынок), а значит, работая с теми же циклами, что и ТЭЦ общего пользования, имеют себестоимость электроэнергии в 2 раза ниже (т.к. транспортная составляющая в стоимости отсутствует).

Уход промышленных потребителей приводит к работе ТЭЦ в нерасчетных режимах с высокими удельными затратами топлива. Таким образом, ключевые энергетические и экологические преимущества крупных ТЭЦ были искусственно утрачены. Кроме того, для замещения мощностей ТЭЦ общего пользования как правило строятся газотурбинные ТЭЦ, но необходимо отметить, что затраты на продление паркового ресурса импортных газовых турбин в 6 раз выше, чем у паровых турбин российского производства, а парковый ресурс паровых турбин российского производства в 2,7 раза больше, чем у импортных газовых турбин.

Для использования утраченного потенциала энергоэффективности необходимо изменение организационно-правовых механизмов для электроэнергетического сектора, которые предоставят обществу долгосрочные преимущества и позволят транслировать часть этих преимуществ на потребителя посредством установки таких цен, которые отражают оптимальные затраты на поставку электроэнергии, и обеспечения качества обслуживания, согласующиеся с оценками/ожиданиями потребителя.

Преимущества должны создавать стимулы для контролирования затрат на строительство и эксплуатацию новых и существующих генерирующих мощностей, поощрять инновационные технологии в области энергоснабжения, предоставлять необходимые средства операторам для поддержания соответствующего качества обслуживания и перевести риски выбора технологии, затрат на строительство и эксплуатационные «ошибки» с потребителей на поставщиков.

Раздел 5. Наилучшие доступные технологии, инструменты и практика энергетического менеджмента

5.1 Наилучшие доступные технологии и практики

В результате анализа представленной заинтересованными сторонами, полученной из открытых источников и подготовленной составителями данного Справочника НДТ информации к наилучшим доступным технологиям, направленным на применение технологических, технических и управленческих решений, обеспечивающих повышение энергоэффективности, отнесены следующие.

НДТ 1

НДТ состоит в организации оптимального контроля и управления системой потребления энергии и производственным процессом с использованием современных средств автоматизации (подробнее см. раздел 4.2).

НДТ 2

НДТ состоит в утилизации тепловой энергии выбросов, отходов, продукции, систем охлаждения (подробнее см. раздел 4.3).

НДТ 3

НДТ состоит в оптимизации термодинамических параметров (температура, время, давление) производственного процесса, в том числе теплоизоляции объектов с повышенной температурой (подробнее см. раздел 4.3).

НДТ 4

НДТ состоит в повторном использовании отходов технологического процесса и уменьшении их количества (подробнее см. раздел 4.4).

НДТ 5

НДТ состоит в применении инфраструктурных и технологических приемов повышения энергоэффективности (подробнее см. раздел 4.5).

НДТ 6

НДТ состоит в применении комплексного подхода к выявлению резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности теплоэнергетических и энерготехнологических систем предприятий (подробнее см. раздел 3).

НДТ 7

НДТ состоит в использовании инструментов энергетического менеджмента (подробно система энергетического менеджмента и ее инструменты описаны в разделе 5.2).

Использование инструментов энергетического менеджмента в организации не означает установление требования подтверждения соответствия (сертификации) системы энергетического менеджмента третьей стороной.

***

Значение обеспечения высокой энергоэффективности производства трудно переоценить, но одновременное решение задач повышения эффективности использования энергетических ресурсов и увеличения степени защиты окружающей среды в целом могут потребовать поиска компромиссов:

– может оказаться невозможным одновременно обеспечить максимальную энергоэффективность всех видов деятельности и/или подсистем в пределах предприятия или объекта I категории;

– может оказаться невозможным обеспечить максимальную общую энергоэффективность, одновременно сводя к минимуму потребление других ресурсов, а также минимизируя эмиссии (например, снижение выбросов в атмосферу может оказаться невозможным без потребления дополнительной энергии);

– может понадобиться снизить энергоэффективность одной или нескольких систем для обеспечения максимальной общей эффективности предприятия или объекта I категории в целом;

– необходимо поддерживать баланс между стремлением к максимальной энергоэффективности и другими факторами, например, качеством продукции, стабильностью производственного процесса и т.п.;

– использование энергии из возобновляемых источников и/или рекуперация отходящего или избыточного тепла могут быть более предпочтительны с точки зрения устойчивости, чем сжигание ископаемого топлива, даже при меньшей энергоэффективности.

Поэтому наилучшие доступные технологии в настоящем Справочнике НДТ предлагаются в качестве рекомендуемых решений, которые следует принимать во внимание при оптимизации энергоэффективности.

5.2. Система энергетического менеджмента. Общая характеристика

Системы более высокого уровня обладают более сложными резервами оптимизации и характеризуются дополнительными эффектами от нее. 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 технического прогресса.

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.

Следует оговориться, что установка в данном Справочнике НДТ количественных целевых показателей, характеризующих энергетическую эффективность организаций и

основных технологических процессов, представляется не столько сложным, сколько бессмысленным вопросом в силу значительной, прежде всего отраслевой, специфики. Соответствующие задачи выполнены в отраслевых справочниках НДТ.

Как и любая другая система менеджмента (технологического, экологического и др.), система энергетического менеджмента наиболее результативна в том случае, когда она органично встроен в общую систему менеджмента организации, а приоритет высокой энергетической эффективности присутствует в ежедневном процессе принятия решений в компании.

На основе исследований крупных российских компаний, внедривших систему энергетического менеджмента, проведенных российскими уполномоченными ведомствами, можно сделать вывод о значимости следующих факторов для повышения не только энергетической эффективности, но и эффективности системы управления предприятия в целом (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Ключевые факторы для повышения (энергетической, экологической) эффективности предприятий

№	Ключевые факторы	Содержание комплекса мер
1.	Организация системного энергетического мониторинга и анализа	Использование удельных показателей расхода топливно-энергетических ресурсов на производство единицы продукции, работ, услуг (общий расход энергии/количество единиц), либо иных используемых удельных показателей, отражающих расход ТЭР на производство продукции
2.	Осуществление отраслевого бенчмаркинга, в том числе международного	Производится для анализа результативности и установки целей (сравнение показателей деятельности организации с компаниями, достигшими наилучших показателей в аналогичной сфере деятельности, из числа российских и зарубежных компаний)
3.	Увязка ключевых показателей по энергоэффективности с вознаграждением высшего руководства, а также увязка вознаграждения сотрудников с результатами деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности	Такая система наиболее эффективна, когда охватывает все основные производственные и обеспечивающие подразделения организации. Рекомендуется использовать механизм ключевых показателей результативности для менеджеров и структурных подразделений по каждому направлению деятельности организации в разрезе каждого года, их целевые и фактические значения

В основу СЭнМ положен принцип постоянного (последовательного) улучшения, что подразумевает подход к ней не как к разовому проекту, а как к продолжительному целенаправленному процессу совершенствования результатов, достигнутых в области повышения эффективности использования энергетических ресурсов. Аналогично

другим системам менеджмента, СЭнМ опирается на цикл Деминга «планирование – осуществление – проверка – корректировка» (Plan – Do – Check – Act), который широко используется и в других сферах корпоративного менеджмента. Он представляет собой динамическую модель циклического характера, в которой завершение одного цикла становится началом следующего (см. рисунок 5.1).

Начиная на предприятии работу по энергетическому менеджменту, необходимо определиться с целями (снижение выбросов парниковых газов, либо снижение физических объемов потребляемой энергии, либо платежей за энергопотребление). В ряде случаев эти цели могут оказаться нетождественными.

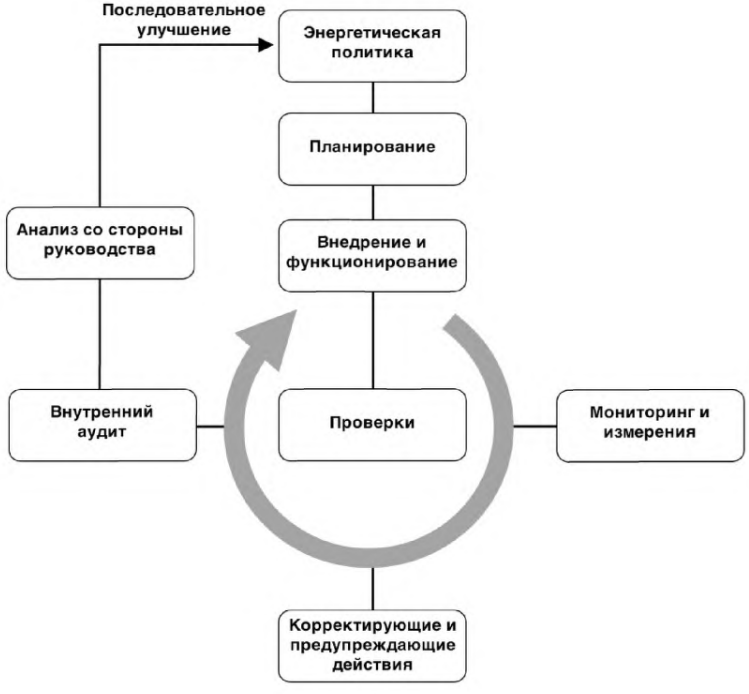


Рисунок 5.1 – Цикл энергоменеджмента [55]

Важным моментом является определение границ системы, в которых внедряется энергетический менеджмент. От установки границ, с одной стороны, зависит объем вовлеченного персонала и подразделений предприятия, а значит, специфика создаваемой системы энергоменеджмента, а с другой, границы могут изменять оценку энергетической эффективности (одно и то же мероприятие может показывать разные эффекты в разных границах). Здесь же необходимо учитывать особенности энерготехнологического комбинирования и эффекты сопутствующих, взаимовлияющих мероприятий.

Разумным подходом при внедрении СЭнМ является интеграция ее в уже существующие в организации системы менеджмента (качества, экологического, охраны труда и т.п.), поскольку это означает наличие опыта внедрения, соответствующих компетенций, кадров, системы записей, оргструктуры и т.п.

Подобная интеграция позволит обеспечить встраивание логики энергоменеджмента в существующую систему принятия решения в компании, а не создание новых управленческих сущностей, отвлекающих ресурсы (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Укрупненные блоки (виды деятельности) при использовании инструментов энергоменеджмента на предприятии

№ п/п	Блок (вид деятельности)	Комплекс мер
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; - мониторинг энергорезультативности
5	Корректировка	- корректирующие действия; - превентивные меры

Достижение высоких показателей энергорезультативности не зависит от того, является ли система энергетического менеджмента сертифицированной на соответствие международному (ISO 50001:2011) или российскому (ГОСТ Р ИСО

50001:2012) стандартам. Российское законодательство не требует обязательной сертификации систем энергетического менеджмента.

Таким образом, решение о необходимости процедуры сертификации, хотя и дающей вполне определенную ценность независимой оценки внедренной системы и дополнительные шансы на ее совершенствование, остается на усмотрение каждого предприятия.

Необходимо принимать во внимание, что любые методики и стандарты носят рамочный, рекомендательный характер, и чем для более широкого круга организаций они применимы, тем более общие принципы содержат. Таким образом, внедрение в конкретной организации всегда требует учета ее специфики и индивидуальных решений [71-72].

Наиболее полно преимущества применения инструментов энергоменеджмента проявляются при внедрении и поддержании функционирования системы энергетического менеджмента [67-70]

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 (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.

Применимость: любые организации, технологические процессы или системы.

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 мер.

Несмотря на то, что комплексное внедрение системы энергоменеджмента в составе всех требований, например, стандарта ГОСТ Р ИСО 50001:2012, будет более эффективным, на практике может быть полезно и возможно применение отдельных элементов системы энергоменеджмента. Они описаны ниже.

Ключевые элементы системы энергетического менеджмента

Обязательства высшего руководства

Обязательства высшего руководства являются необходимым слагаемым результативности энергоменеджмента и залогом последовательности курса на повышение энергетической эффективности, а также способствуют поддержке конкретных требуемых мер на высшем уровне управления предприятием.

Метод состоит в реализации со стороны высшего должностного лица компании обязательств по поддержанию СЭнМ и ее постоянному улучшению посредством следующих элементов:

- включение энергоэффективности в число наивысших приоритетов компании, обеспечение внимания к ней и понимания ее значимости посредством разработки, внедрения и поддержания в актуальном состоянии энергетической политики;
- назначение представителя высшего руководства и создание на предприятии группы по энергетическому менеджменту (определяет контактных сотрудников по СЭнМ в подразделениях, предоставляет высшему руководству отчеты об энергорезультативности и функционировании СЭнМ, отвечает за планирование мероприятий, определение критериев и методов достижения энергетических целей и т.д.);
- обеспечение деятельности по энергоменеджменту необходимыми ресурсами, включая человеческие ресурсы, специальные навыки, технологии и финансовые ресурсы;
- обеспечение деятельности по энергоменеджменту на предприятии необходимыми вводными данными (определение области применения и границ СЭнМ, обеспечение разработки целей и задач в области энергетики, обеспечение соответствия показателей энергетической результативности организации поставленным целям и задачам в области энергетики, обеспечение измерения и регистрации результатов через определенные интервалы времени);
- обеспечение долгосрочного планирования энергетической результативности, а также обеспечение определения краткосрочных и среднесрочных действий, направленных на его реализацию;
- доведение до сведения персонала организации важности и значения энергетического менеджмента, содействие формированию культуры энергоэффективности;
- регулярное проведение анализа СЭнМ со стороны руководства.

Разработка и принятие энергетической политики (политики в области энергоэффективности)

Разработка, утверждение и обнародование политики энергоэффективности (энергетической политики) способствует четкой формулировке приоритетов и целей предприятия в области энергетики, поддержанию приверженности руководства и персонала заявленным приоритетам.

На предприятии рекомендуется разработать, согласовать, утвердить и опубликовать (обнародовать) политику компании в области энергетической эффективности в составе следующих элементов и отвечающую следующим требованиям:

- соответствие специфике предприятия, характеру и масштабу использования и потребления энергии;
- обязательства по постоянному улучшению энергетической результативности, по обеспечению информации и ресурсов для достижения поставленных целей; по соблюдению соответствующих законодательных и иных требований в отношении энергии;
- обязательство по осуществлению закупок энергетически эффективной продукции и услуг и энергоэффективному проектированию;
- оформление в виде отдельного документа (либо интегрированно с экологической политикой, например), доведение до сведения всех сотрудников, обеспечение свободного доступа общественности и всех заинтересованных сторон к содержанию политики;
- управление энергетической политикой как документом на основе анализа и актуализации по необходимости.

Учет и мониторинг, определение базовой линии энергопотребления

Мониторинг и измерения представляют собой важную часть этапов «планирование» (в части определения базовой линии энергопотребления) и «проверка» (для определения достигнутой энергорезультативности) в цикле энергоменеджмента «планирование–осуществление–проверка–корректировка». Они являются основой для проведения энергетического анализа, который, в свою очередь, предопределяет выбор мероприятий в целях повышения энергетической эффективности.

Необходимы как налаженные учет и мониторинг, так и регулярные данные энергетических аудитов, технических и других проверок.

Мониторинг и измерения важны также в контексте управления технологическими процессами и операционного контроля. Для обеспечения достоверности результатов необходимо выполнять ряд требований по сбору данных (регулярность, отсутствие пробелов, совпадение различных рядов данных по периодам и моментам сбора, анализ «выбросов данных» и др.), метрологических требований, требований к организации хранения данных.

Цель учета и мониторинга – получение достоверной и прослеживаемой информации по вопросам, связанным с энергоэффективностью. Это может быть информация как об объемах потребления ресурсов, так и об их характеристиках (например, температуре или давлении), а также о содержании энергии в возвратных или

отходящих потоках. Важнейшая задача мониторинга – учет затрат на топливно-энергетические ресурсы, основанный на фактическом энергопотреблении.

Процесс совершенствования учета (расширение технического учета энергоресурсов) может быть оптимизирован в рамках энергетического менеджмента при энергетическом анализе в зависимости от выбранных значимых энергопотребителей и потребностей в моделировании их потребления. Это позволит понять, какие данные необходимы в первую очередь, и обосновать затраты на новые средства учета.

Метод состоит в определении и соблюдении документированных процедур регулярного мониторинга и измерения ключевых характеристик производственного процесса и видов деятельности, которые могут оказывать значительное влияние на энергоэффективность.

Энергетические аудиты

Согласно ст. 2 Федерального закона от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», энергетическое обследование представляет из себя сбор и обработку информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте.

Энергетическое обследование в контексте энергоменеджмента проводится в определенных ранее 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.

В зависимости от специфики и конкретных целей может использоваться предварительный (более поверхностный), либо детальный энергоаудит, либо наиболее трудоемкий инвестиционный энергоаудит, целью которого является выбор и обоснование конкретного технического решения для повышения энергоэффективности объекта с расчетом технико-экономических показателей. В зависимости от границ и охвата различают выборочный либо комплексный аудит.

Кроме того, по методам выполнения энергетические обследования могут подразделяться на документальные, когда проводится аудит документации (схемы энергоснабжения, плановые и фактические показатели по потреблению энергоресусов 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 энергетического аудита являются отчет об энергетическом обследовании, энергетический паспорт предприятия и программа энергосбережения с энергосберегающими мероприятиями, ранжированными по простым срокам окупаемости.

Необходимо различать энергетический аудит и аудит системы энергоменеджмента. На предприятии рекомендуется использовать энергетические

обследования на различных уровнях – как в границах СЭнМ для формирования энергобазовой линии, так и для отдельных систем либо процессов.

Использование методов визуализации и построение моделей

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

Описание их не входит в задачи Справочника НДТ, однако можно назвать несколько наиболее часто употребляемых типов.

Среди них, 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.

Бенчмаркинг

Под сравнительным анализом (бенчмаркингом) понимается процесс, в ходе которого организация оценивает различные аспекты своей деятельности, сравнивая их с наилучшими практиками, как правило, в пределах своей отрасли. Это результативно, поскольку позволяет не замыкаться в собственных практиках и является одним из драйверов постоянного улучшения. Бенчмаркинг может осуществляться в отношении отдельных технологических процессов или производственных методов.

Целесообразно выбрать основной производственный процесс предприятия для организации внутриотраслевых сравнений его энергоэффективности.

Важно обеспечивать сопоставимость данных, ведь условия функционирования сравниваемых предприятий и их производственных процессов отличаются. Осуществление бенчмаркинга – непростой по времени и организации (поиску данных)

процесс, который обычно сталкивается с целым рядом трудностей, прежде всего связанных с закрытостью информации о подобных предприятиях (зачастую конкурентах). Выход находится в тщательном поиске и анализе данных из открытых источников; данных отраслевых союзов и объединений; специализированных экспертных агентств.

Система учёта и мониторинга использования энергии в организации

Организация системы учета и мониторинга включает проведение энергетических аудитов, определение базовой линии энергопотребления, проведение бенчмаркинга.

Применимость: любые организации, технологические процессы или системы.

Пример: в России бенчмаркинг промышленных предприятий по целому ряду показателей энергетической и экологической эффективности осуществляет эколого-энергетическое рейтинговое агентство «Интерфакс-ЭРА», на основе добровольно предоставляемых предприятиями данных оно составляет анализ по отдельным отраслям и предоставляет индивидуальные данные предприятиям.

Планирование

Планирование занимает важное место в процессе энергетического менеджмента, в том числе является самостоятельным этапом в цикле «планируй – реализуй – проверяй – корректируй». С одной стороны, планирование опирается на данные, собранные в процессе учета, мониторинга, определения базового уровня потребления энергии. С другой, ведет к формированию целей в области энергоэффективности и составлению программы повышения энергоэффективности.

Выбор значимых энергопотребителей и энергетический анализ

В процессе энергетического анализа необходимо определить сооружения, оборудование, системы, процессы и персонал, которые в значительной степени влияют на энергопотребление. Сюда относятся как системы, которые потребляют значительный объем энергоресурсов, так и те, на которых велики резервы повышения энергоэффективности.

Подобный список необходимо составить по каждому виду энергоресурсов, входящих в границы системы энергоменеджмента.

Определенные таким образом значимые энергопотребители являются объектом энергетического анализа. Целесообразно группировать оборудование по общим признакам так, чтобы каждая группа характеризовалась общими факторами, влияющими на ее энергопотребление. При этом необходимо принимать во внимание доступность данных технического учета для проведения дальнейшего энергетического анализа. Допустимо формировать значимых энергопотребителей по признаку наличия данных об энергопотреблении и о факторах, влияющих на него.

Определив список значимых потребителей энергии, рекомендуется выполнять для каждого из них следующие действия:

- определение базового уровня энергопотребления, существующей энергорезультативности;
- определение факторов, влияющих на характер и объем их энергопотребления, и по возможности, оцифровка характера этой зависимости;

- определение (либо пересмотр) списка критических операционных параметров в отношении установок и оборудования, относящихся к значимым энергопотребителям, влияющих на их энергопотребление и требующих отслеживания в процессе их эксплуатации.

Установление целей и задач, показателей энергетической результативности

Постоянные улучшения энергорезультативности предполагают необходимость периодической оценки ее уровня и сравнения с базовым уровнем энергопотребления.

Предприятию необходимо установить цели в области энергоэффективности (в наиболее общем виде утверждаются в составе энергетической политики), для чего выбираются показатели энергорезультативности как в целом по предприятию, так и по значимым энергопотребителям. Цели устанавливаются на конкретные сроки.

Существует несколько подходов к установке целей:

1) цель устанавливается в процентах снижения энергопотребления от базового уровня;

2) цель устанавливается в виде удельного показателя, характеризующего потребление определенного вида энергоресурса (либо нормализованного показателя всех видов энергоресурсов) на единицу продукции либо другой результат деятельности предприятия.

Цель может устанавливаться «от достигнутого», то есть аналогично уже имеющей место динамике энергорезультативности (например, снижать энергопотребление на 3 % в год), либо «от потенциала», если используемые методы позволяют получить количественную оценку такого потенциала. Рекомендуется выбрать показатели, характеризующие энергетическую результативность предприятия в целом и значимых энергопотребителей, и установить их целевые значения.

Операционный контроль, критические операционные параметры и технические проверки

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 результативного функционирования (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.

Это подразумевает адекватный контроль производственных процессов на всех этапах и во всех режимах, включая подготовительные операции, запуск, штатную эксплуатацию, остановку, а также деятельность в нештатных условиях, а также документирование и анализ нештатных ситуаций и условий с целью выявления и последующего устранения их глубинных причин для предотвращения повторения подобных ситуаций в будущем.

По общему правилу, список и критические значения операционных параметров оборудования определены в соответствующих технологических картах. Однако практика

показывает, что зачастую они требуют пересмотра как по составу показателей, так и по их пограничным величинам, что приведет к усилению контроля и снижению энергопотребления без ущерба для технологического процесса и качества продукции.

Другое направление деятельности – 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 обслуживанию, технических проверок, соответствующего обучения персонала.

Необходимо выявление возможных причин снижения энергоэффективности и возможностей для ее повышения на основе результатов планового технического обслуживания, а также отказов и случаев нештатного функционирования оборудования, а также четкое распределение ответственности за планирование и осуществление технического обслуживания.

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

Персонал, чья деятельность связана с эксплуатацией и обслуживанием сооружений, систем и оборудования, имеющих отношение к значимым энергопотребителям, должен знать о факторах, влияющих на их энергопотребление, и о влиянии своих действий на энергопотребление.

Метод состоит в идентификации списка и величины операционных параметров и процедур операционного контроля в отношении сооружений, систем и оборудования, относящихся к значимым энергопотребителям, и обеспечению соответствующего контроля.

Примеры операционных параметров, подлежащих контролю для котельной: давление, состав газовой смеси, температура в котле, процент возврата конденсата, температура бака питательной воды. Для холодильной установки: температура нагнетания, температура конденсации (повышение температуры), температура на входе испарителя-конденсатора. Для систем сжатого воздуха: давление, степень высушивания, падение давления.

Определение возможностей для улучшений и формирование плана мероприятий (программы энергоэффективности)

Проведенные на более ранних этапах энергоанализ дает основу для поиска возможностей улучшений в целях снижения непроизводительного потребления энергоресурсов и повышения энергорезультативности предприятия.

Целесообразно разделять два списка таких возможностей: банк идей и программу (план) действий.

Банк идей представляет собой документ (возможно, в форме электронной таблицы), где накапливаются все возможности для улучшений, найденные в процессе энергетического анализа – при определении факторов, влияющих на энергопотребление, анализе и моделировании характера потребления энергии значимыми потребителями, проведении операционного контроля и эксплуатации оборудования. Значимым источником мероприятий являются идеи сотрудников, для

этого необходимо создание системы мотивации и внесения рационализаторских предложений.

Каждый пункт в списке возможностей может содержать вид энергоресурса, с которым работает, оценку затрат и потенциала энергосбережения.

Банк идей приносит результат, если постоянно пополняется. Ранжирование идей позволяет в тот или иной момент выбрать актуальные мероприятия для включения их в план мероприятий, в зависимости от текущих приоритетов, сложившейся финансовой ситуации и проч.

Рекомендуется определять список возможностей и формировать из него план энергосберегающих мероприятий (программу повышения энергоэффективности), содержащий:

- распределение ответственности;
- необходимые средства и сроки для достижения каждой поставленной цели;
- разделение ЭСМ по объемам требуемых инвестиций, а также по ожидаемым показателям их экономической эффективности (в упрощенном варианте – по простым срокам окупаемости);
- описание метода, посредством которого должна проводиться верификация улучшения энергетической результативности с учетом сопоставимых условий – данный метод должен описывать, каким образом при расчете результатов внедрения ЭСМ в части объема сэкономленных энергоресурсов (достигнутого энергосберегающего эффекта) будут учтены сопутствующие факторы, оказывающие на него влияние, но не зависящие от данного мероприятия (изменение режима работы объекта, изменение средней температуры / градусо-суток отопительного периода по сравнению с базовым/предшествующим внедрению ЭСМ годом, количество находящихся на объекте людей и т.д.

Рекомендуется, чтобы план мероприятий был документирован и актуализировался через определенные интервалы времени.

Планирование и энергетический анализ

Организация планирования и энергетического анализа включает определение значимых потребителей энергии, выбор для них целевых показателей энергорезультативности, управление их операционными параметрами, формирование программы повышения энергоэффективности.

Применимость: любые организации, технологические процессы или системы.

Проектирование

Организация должна рассматривать возможности, связанные с улучшением энергетической результативности, и управление рабочими операциями при проектировании новых, модифицированных и реконструированных сооружений, оборудования, систем и процессов, которые могут оказывать значительное влияние на энергетическую результативность.

Как показывает практика, в случае рассмотрения вопросов энергоэффективности на этапах планирования или проектирования нового объекта потенциал

энергосбережения представляется выше, а соответствующие инвестиции значительно ниже, чем при оптимизации энергоэффективности предприятия в процессе коммерческой эксплуатации.

Данный отрицательный эффект зависит от многих факторов, главным из которых является сложность сопоставимости реальных условий с теми допущениями, которые были приняты на стадии проектирования (разработки предварительного ТЭО мероприятия). Кроме того, в случае выполнения программы энергосбережения, состоящей из нескольких разноплановых мероприятий, суммарный энергосберегающий эффект, как правило, оказывается меньше суммы эффектов, рассчитанных для каждого конкретного мероприятия по энергосбережению.

В данном случае сказывается сложность учета достигнутого в результате внедрения предыдущего ЭСМ на снижение «базовой линии» потребления энергоресурсов при учете влияния каждого последующего мероприятия. При этом наибольшую трудность при оценке полученных от каждого ЭСМ эффектов представляют случаи одновременного внедрения нескольких мероприятий.

Результаты деятельности по проектированию должны регистрироваться в виде соответствующих записей.

Метод состоит в оптимизации энергоэффективности при проектировании новой установки, производственной единицы или системы, или при планировании их значительной модернизации с учетом всех соображений, перечисленных ниже:

- энергоэффективное проектирование (ЭЭП) должно начинаться на ранних стадиях концептуального/эскизного проектирования, даже если предполагаемые параметры инвестиций еще не определены окончательно, 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).

Закупки

При закупке энергетических услуг, продукции и оборудования, которые имеют или могут оказывать влияние, связанное со значительным использованием энергии, организация должна руководствоваться целями в области энергорезультативности и критерием энергоэффективности.

Целесообразно для закупаемых товаров и услуг, влияющих на потребление энергии значимыми энергопотребителями, внедрить рабочие критерии для оценки использования, потребления и продуктивности энергии за период запланированного или

ожидаемого эксплуатационного срока службы данной продукции, оборудования и услуг (переход на методики оценки на протяжении жизненного цикла).

Необходимо проинформировать поставщиков о том, что при осуществлении закупок оцениваются аспекты, касающиеся энергетической результативности.

Организация должна, насколько это возможно, определять и документировать спецификации на закупку любого энергопотребляющего оборудования и устройств в целях максимально эффективного использования энергии. На практике это зачастую противоречит другим требованиям, установленным в закупочной документации (конкурсной документации – КД), таким как минимальная стоимость товара или услуг, удобство эксплуатации, срок службы и т.д.

Для каждого типа закупаемых товаров и услуг необходимо установить минимальные требования по энергоэффективности, разработать систему оценок коммерческих предложений с учетом уровня их энергоэффективности, а также установить периодичность их пересмотра с учетом изменяющейся на рынке товаров и услуг ситуации, особенно в части изменения состава НДТ.

Проверки результативности

Цикл энергоменеджмента предполагает после этапов планирования и реализации мероприятий проверку их результативности. Осуществить такую проверку позволяет определенные ранее базовый уровень энергопотребления, показатели энергоэффективности и цели в области энергоэффективности.

Постоянно ведущийся в организации мониторинг потребления энергоресурсов, в первую очередь в части значимых энергопотребителей, а также отслеживание величины факторов, влияющих на объем их энергопотребления, позволяют не только получать актуальные данные об энергопотреблении в отчетном периоде, но и приводить их в соответствие с точки зрения сопоставимости условий.

Кроме базовой линии энергопотребления и целей энергоэффективности, базой для сравнения могут служить данные по аналогичным показателям, достигнутые на других предприятиях отрасли (см. подраздел «Бенчмаркинг»).

При этом следует отметить, что при наличии широкого спектра типовых ЭСМ не существует типовых энергосберегающих эффектов, равно как и типовых экономических индикаторов их внедрения, поскольку они зависят от слишком большого количества показателей, начиная от «базовой линии» потребления, заканчивая режимами эксплуатации объектов, на которых они внедряются. Поэтому в данном случае бенчмаркинг может использоваться только для сравнительного анализа с целью определения места предприятия в отрасли по показателям энергоэффективности, но не несет в себе особой смысловой нагрузки с точки зрения определения ресурсов для экономически эффективных энергосберегающих мероприятий.

Внутренние аудиты

Важнейшим элементом контроля системы энергоменеджмента в организации являются внутренние аудиты – проверки качества функционирования СЭнМ, организованные силами самого предприятия. Внутренние аудиты должны планироваться и проводиться через запланированные интервалы времени в целях

установления того, что система энергетического менеджмента соответствует установленным целям и задачам в области энергетики, принятым в организации процедурам и запланированным мероприятиям в области энергетического менеджмента, результативно внедрена, поддерживается в рабочем состоянии и улучшает энергетическую результативность.

В организации необходимо назначить и обучить внутренних аудиторов, не зависящих от персонала, вовлеченного в организационную структуру внедрения СЭнМ. Выбор аудиторов и проведение аудитов должны обеспечивать объективность и беспристрастность процесса аудита.

Записи о результатах аудита должны поддерживаться в рабочем состоянии и докладываться высшему руководству. Несоответствия, выявленные в результате внутренних аудитов, требуют корректирующих действий и разработки профилактических мер для предотвращения возникновения подобных нарушений в будущем. Внутренние аудиты являют собой один из элементов обеспечения постоянных улучшений.

Данное требование для внедрения системы энергоменеджмента полностью соответствует требованиям внедрения системы менеджмента качества на предприятиях и при этом является одним из наиболее трудновыполнимых.

Выполнимость данного условия зависит от наличия на предприятии / в организации подготовленных специалистов в области энергоснабжения / энергопотребления и энергоэффективности.

При этом в целях максимальной эффективности работы по повышению энергоэффективности данные специалисты не должны входить в состав энергетических служб предприятия (служба главного инженера, отдел главного энергетика и т.д.), а являться сотрудниками структуры, подчиняющейся напрямую руководителю предприятия. Данное условие необходимо для достижения целей энергетической результативности / удельных показателей энергопотребления, которые часто приносятся в жертву таким параметрам, как удобство в эксплуатации, надежность работы оборудования, ремонтопригодность и т.д., являющимся главными показателями работы для инженерных служб организаций.

Оценка со стороны руководства

В целях обеспечения постоянной адекватности, достаточности и эффективности системы энергетического менеджмента высшее руководство должно анализировать ее через запланированные интервалы времени. Записи результатов анализа со стороны руководства должны поддерживаться в рабочем состоянии.

Сотрудники, ответственные за функционирование СЭнМ, обеспечивают высшее руководство необходимыми данными для такой оценки, в том числе информацией о действиях, вытекающих из предыдущих анализов со стороны руководства; анализа энергетической политики; анализа энергетической результативности на основе выбранных показателей; результатами оценки соответствия законодательным и иным требованиям с учетом их развития и изменения, степени достижения поставленных целей и выполнения задач в области энергетики; результатами аудитов системы энергетического менеджмента, состояния выполнения предупреждающих и корректирующих действий, планируемой энергетической результативности для последующего периода, рекомендаций по улучшению.

Со своей стороны, результатом оценки высшим руководством действующей СЭнМ являются действия и решения, которые повлекут изменения деятельности организации в части энергопотребления, энергетической политики, показателей энергетической результативности, целей, задач или других элементов системы энергетического менеджмента.

Следует отметить, что заинтересованность и активное участие руководства предприятия в решении вопросов его энергоэффективности являются ключевыми факторами внедрения СЭнМ, без которых внедрение данной системы невозможно. При отсутствии данной заинтересованности невозможно улучшение удельных показателей энергопребления, даже при условии формального внедрения на предприятии СЭнМ, которое подтверждается наличием соответствующего сертификата.

Подготовка периодической декларации об энергоэффективности

Рекомендуется периодически, не реже раза в год, подготавливать декларацию об энергоэффективности предприятия, где уделять особое внимание сопоставлению достигнутых результатов с поставленными целями и задачами в области энергоэффективности. Декларация публикуется и является свободно доступной, аналогично политике в области энергоэффективности.

Это позволяет информировать заинтересованные стороны и партнеров организации.

Система проверки результативности

Система проверки результативности включает внутренние аудиты, оценки со стороны руководства, подготовку периодической декларации об энергоэффективности.

Применимость: любые организации, технологические процессы или системы.

Разработка и соблюдение необходимых процедур

Организация должна поддерживать знание, понимание и соблюдение процедур системы энергоменеджмента. Сюда, кроме упомянутых выше, входит ряд компонентов.

Организационная структура

Подразумевается определение, документирование и внедрение изменений в организационную структуру, назначение представителя высшего руководства, выделение рабочей группы или службы, ответственной за внедрение и эксплуатацию СЭнМ, наделение новыми полномочиями и ответственностью персонала, внесение изменений в должностные и рабочие инструкции в части эксплуатации и обслуживания значимых энергопотребителей и функционирования СЭнМ на предприятии.

Метод заключается в формировании адекватной задачам СЭнМ и специфике предприятия организационной структуры (внесении изменений в существующую организационную структуру) и распределением полномочий и ответственности.

Документирование и ведение записей

Организация должна установить, внедрить и обеспечивать сохранность информации на бумажных, электронных или на любых других носителях для того чтобы

описать основополагающие элементы системы энергетического менеджмента, их взаимодействие и динамику.

Документация системы энергетического менеджмента должна содержать, как минимум, область применения и границы системы энергетического менеджмента, энергетическую политику, цели, задачи, планы мероприятий в области энергетики, иные документы, описывающие выполнение процедур энергоменеджмента.

Структура и объем документации зависят от специфики организации, ее масштаба, профиля деятельности, сложности процессов и взаимодействия между ними и т.д.

Система документов должна управляться, что подразумевает:

- официальное одобрение документов с точки зрения их достаточности до выпуска;
- периодический анализ и актуализацию документов по мере необходимости;
- обеспечение идентификации изменений и статуса пересмотра документов;
- обеспечение наличия соответствующих версий документов в местах их применения;
- обеспечение сохранения документов четкими и легко идентифицируемыми;
- обеспечение идентификации и управления рассылкой документов внешнего происхождения, определенных организацией в качестве необходимых для планирования и функционирования системы энергетического менеджмента;
- предотвращение непреднамеренного использования устаревших документов и применение соответствующей идентификации таких документов, оставленных для каких-либо целей.

Необходимо формировать и поддерживать систему документации и ведения записей в части процедур системы энергоменеджмента.

Обеспечение вовлеченности

Внедрение и успешное функционирование системы энергоменеджмента, подразумевающее постоянные улучшения, далеко не ограничиваясь технической модернизацией оборудования и систем, в значительной степени зависит от вовлеченности персонала, в первую очередь связанного с эксплуатацией и поддержанием значимых энергопотребителей.

Ряд предприятий и организаций (корпорация «Росатом», холдинги «Сибур», «Газпромнефть») по-разному выстраивают элементы системы вовлеченности персонала на разных этапах работы, для решения различных производственных задач.

Информирование

Организация должна обеспечить передачу и обмен информацией внутри организации в отношении энергетической результативности своей деятельности и системы энергетического менеджмента, а также вне организации для информирования заинтересованных сторон.

Информационный обмен является важным инструментом формирования мотивации. Следует информировать персонал о вопросах энергоэффективности, а также побуждать и поощрять вносить вклад в ее повышение посредством

энергосбережения, предотвращения избыточного энергопотребления и эффективной работы.

Средства информирования должны использоваться для получения сотрудниками обратной связи относительно результативности компании (подразделения), а также в качестве инструмента признания и поощрения достижений. Хорошо организованная система информирования обеспечивает поток информации как о целях и задачах, так и о достигнутых результатах.

Существуют различные средства информационного обмена или распространения информации – бюллетени, газеты, информационные листки, плакаты, стенды, групповые инструктажи, собрания или совещания по конкретным вопросам и т.д. В частности, возможно использование существующих корпоративных каналов информирования для распространения сведений об энергорезультативности.

Важна организация информационного обмена не только «по вертикали» – между руководством, заинтересованным в достижении определенных целей, и сотрудниками, непосредственно работающими над их достижением, но и «по горизонтали» – между различными группами специалистов внутри компании. Это могут быть, например, группы, ответственные за энергоменеджмент, проектирование, эксплуатацию, планирование и финансы.

Организации рекомендуется обеспечить, чтобы все сотрудники осознавали:

- важность соответствия энергетической политике, процедурам и требованиям системы энергетического менеджмента;
- свои функциональные обязанности и ответственность за достижение результата;
- преимущества, связанные с улучшением энергетической результативности;
- влияние (фактическое или потенциальное) своих действий в отношении использования и потребления энергии и возможные последствия отклонения от установленных процедур.

Обучение и повышение квалификации

Критическую роль в функционировании системы энергетического менеджмента играет обеспечение компетентности и повышение квалификации персонала.

Организация должна обеспечить, чтобы каждый работник (работники), действующий для организации или по ее поручению, имеющий отношение к режимам значительного использования энергии, обладал для этого достаточными компетенциями. Основой их являются соответствующие образование, обучение и подготовка, навыки или опыт.

Организация должна определить потребности в обучении и подготовке персонала, связанные с управлением режимами значительного использования энергии и функционированием системы энергетического менеджмента. При этом необходимо вести и обеспечить сохранность соответствующих записей.

Метод состоит в поддержании уровня квалификации персонала в сфере энергоэффективности и энергопотребляющих систем с помощью таких методов, как:

- привлечение квалифицированного персонала и/или обучение персонала. Обучение может проводиться собственными специалистами организации или внешними

экспертами, в форме организованных учебных курсов или самообразования/профессионального развития;

- периодическое освобождение работников от повседневных обязанностей для участия в плановых обследованиях или расследованиях 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.

Создание системы рационализаторских предложений

Энергоменеджмент предполагает на основе полного информирования, поддержания квалификации сотрудников и их вовлеченности в обеспечение высокой энергорезультативности наличие возможности подавать свои идеи по улучшению СЭнМ, функционирования отдельных агрегатов, оборудования и систем.

Организация должна разработать и внедрить процесс, посредством которого каждый работник, работающий для организации или по ее поручению, мог бы высказывать свою точку зрения или вносить предложения по улучшению системы энергетического менеджмента.

Необходимо разработать публичную прозрачную процедуру подачи и рассмотрения подобных предложений, их оценки и вознаграждения.

Идеи, предложенные сотрудниками, сохраняются в банке идей, с возможностью включения в план мероприятий (программу повышения энергоэффективности).

Создание системы мотивации

Обеспечение вовлеченности персонала в процесс внедрения и функционирования СЭнМ должно поддерживаться, наравне с информированием, повышением квалификации и системой рацпредложений, выстроенной системой мотивации.

Она состоит, с одной стороны, из регламентов, инструкций и требований, необходимых к выполнению, и предусмотренных штрафных мер за их нарушение, а с другой – из системы поощрений за добровольные действия, приносящие эффект в части повышения энергорезультативности или качества функционирования СЭнМ.

Система мотивации должна отвечать принципам гласности, понятности и открытости; значимости поощрительных мер. Поощрения могут включать как материальную, так и не материальную составляющую.

Формирование на предприятии гласной и прозрачной системы мотивации, включая информирование, обучение и повышение квалификации, систему работы с рационализаторскими предложениями

Применимость: любые организации, технологические процессы или системы.

Ключевые блоки и элементы изложенного выше подхода к системе энергетического менеджмента представлены ниже в матричной форме в табл. 5.5.

Таблица 5.5 – Матрица ключевых направлений и блоков энергетического менеджмента

НДТ состоит во внедрении и поддержании функционирования системы энерго-менеджмента (СЭнМ), в состав которой входят, в той мере, в какой это применимо в конкретных условиях, все перечисленные элементы	НДТ состоит в организации системы учета и мониторинга, включая проведение энергетических аудитов, определение базовой линии энергопотребления, проведение бенчмаркинга	НДТ состоит в организации планирования и энергетического анализа, включая определение значимых потребителей энергии, выбор для них целевых показателей энерго-результативности, управление их операционными параметрами, формирование программы повышения энергоэффективности	НДТ состоит в организации системы проверки результативности через внутренние аудиты, оценки со стороны руководства, подготовку периодической декларации об энергоэффективности	НДТ состоит в формировании на предприятии гласной и прозрачной системы мотивации, включая информирование, обучение и повышение квалификации, систему работы с рационализаторскими предложениями
Разработка и принятие энергетической политики (политики в области энергоэффективности)	Учет и мониторинг, определение базовой линии энергопотребления	Планирование. Установление целей и задач, показателей энергетической результативности	Проектирование. Закупки	Информирование. Обеспечение вовлеченности
Обязательства высшего руководства	Энергетические аудиты	Выбор значимых энерго-потребителей и энергетический анализ	Проверки результативности. Внутренние аудиты	Документирование и ведение записей
Формирование организационной структуры	Использование методов визуализации и построение моделей	Определение возможностей для улучшений и формирование плана мероприятий (программы энергоэффективности)	Оценка со стороны руководства	Система работы с рационализаторскими предложениями
Планирование, операционный контроль, критические операционные параметры и технические проверки	Сравнительные оценки (бенчмаркинг)	Операционный контроль, критические операционные параметры и технические проверки	Подготовка периодической декларации об энергоэффективности	Обучение и повышение квалификации

Заключительные рекомендации по применению справочника

Справочник НДТ подготовлен технической рабочей группой № 48 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности». Наиболее активное участие в сборе, анализе и систематизации информации, а также в написании текста Справочника НДТ и его обсуждении приняли специалисты следующих организаций:

- Аналитический центр при Правительстве РФ;
- некоммерческое партнерство «Российское теплоснабжение»;
- АО «Газпромнефть-МНПЗ»;
- АО «Салаватстекло»;
- АО «СУЭК»;
- ассоциация «Русская сталь»;
- ассоциация производителей керамических стеновых материалов;
- госкорпорация «Росатом»;
- группа компаний «SP Glass»;
- департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы;
- компания ДЮРАГ Рус;
- Национальное объединение организаций в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- национальный исследовательский университет «МЭИ»;
- НИИЦ МРСК;
- НП «СЭФ НГП»;
- ОАО «АК «Транснефть»;
- ОАО «Инсолар-Инвест»;
- ОАО «Каспийский завод листового стекла»;
- ОАО «ММК»;
- ОАО «Нефрит-Керамика»;
- ОАО «НПО ЦКТИ»;
- ОАО «РЖД»;
- ОК РУСАЛ;
- ООО «АГК ЭКОЛОГИЯ»;
- ООО «АгроПроектИнвест»;
- ООО «Винербергер Кирпич»;
- ООО «Газпром ВНИИГАЗ»;
- ООО «Гардиан стекло Ростов»;
- ООО «Гардиан стекло Рязань»;
- ООО «СГК»;
- ООО «Эй Джи Си Флэт Гласс Клин»;
- ООО «Энергоэксперт инжиниринг»;
- ПАО «Трубная металлургическая компания»;
- Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева;
- Союз стекольных предприятий;
- СРО Ассоциация «Союз "Энергоэффективность"»;
- ООО «УГМК-Холдинг»;
- управление Росприроднадзора по Владимирской области.

При подготовке Справочника НДТ были использованы материалы, полученные от российских и зарубежных специалистов в ходе обмена информацией, организованного Бюро НДТ в 2016–2017 гг. Большая часть материалов была представлена в виде ситуационных исследований и анкет от 32 респондентов. Использованы материалы российских и международных проектов, выполненных в 2005–2016 гг., в том числе:

- «Энергоэффективность в России: обеспечение доступа к европейским наилучшим доступным технологиям»;
- «Климатические стратегии для российских мегаполисов»;
- «Повышение энергоэффективности в стекольной промышленности»;
- «Распространение подходов повышения эффективности и снижения выбросов парниковых газов крупными объектами теплоэлектроэнергетики»;
- «Стандартизация и сертификация энергоэффективности в промышленности строительных материалов»;
- «Энергопланирование в российских регионах»;
- «Наилучшие доступные технологии: аспекты повышения энергоэффективности и экологической результативности российских предприятий»;
- «Климатически нейтральная хозяйственная деятельность: внедрение наилучших доступных технологий в Российской Федерации»;
- «Анализ рынка энергопотребляющей продукции промышленного назначения с точки зрения ее энергоэффективности и других факторов»;
- «Комплексная оценка экологической, энергетической и технологической эффективности 150 крупнейших компаний России и 4897 предприятий Российской Федерации и Республики Казахстан».

В этих проектах приняли участие десятки российских предприятий самых различных отраслей промышленности и сельского хозяйства, функционирующих в Центральном, Северо-западном, Приволжском, Уральском и Сибирском федеральном округах. При обсуждении предварительных версий разделов Справочника НДТ члены ТРГ 48 высказали ценные замечания и предоставили дополнительные материалы.

При написании Справочника НДТ учитывались материалы действующего справочника Европейского Союза по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности (Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency), в том числе, его авторских русскоязычных версий, подготовленных при активном участии разработчиков настоящего Справочника НДТ в 2009–2012 гг. Использованы также материалы отчёта, подготовленного Минэнерго России в рамках государственного контракта на выполнение НИР № 13/0412.0923400.244/15/232 и содержащего Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности.

При разработке Справочника НДТ учтены также подходы, систематизированные в отраслевых и межотраслевых руководствах по наилучшей практике обеспечения энергоэффективности (Energy Efficiency Best Practice Guides, Energy Star Energy Efficiency Tools, Industrial Energy Efficiency Accelerators и др.), действующих в Соединённых Штатах Америки, Канаде, Великобритании и других государствах.

Общее заключение, которое можно сделать в результате работы над Справочником НДТ, состоит в том, что практически все крупные российские

предприятия систематически работают над подготовкой и реализацией программ энергосбережения. Известно, что в ряде промышленных групп подготовлены стандарты организаций по выбору энергоэффективного оборудования, по проведению закупок с учетом классов энергоэффективности, по подготовке и повышению квалификации кадров в сфере энергосбережения. Руководства по энергоэффективности действуют в рамках систем энергетического менеджмента.

Каталоги проектов (с детальным описанием принятых мер, расчётами экономических эффектов) создаются как внутренние, корпоративные справочники по обеспечению энергоэффективности. Вместе с тем, в ряде отраслей повышению энергоэффективности уделяется меньшее внимание, что может быть вызвано устоявшимися отношениями с поставщиками энергоносителей, убеждением, что недавно пущенное в эксплуатацию (смонтированное «под ключ») производство не может обладать резервами энергосбережения, даже с недоверием производственников к рекламной информации поставщиков энергопотребляющего оборудования.

Для того чтобы наилучшая практика в сфере повышения энергоэффективности получила распространение в большем числе секторов экономики и организаций, необходима слаженная систематическая работа регуляторов, экспертов и практиков. Для отечественных предприятий могут и должны быть разработаны отраслевые руководства, подобные тем, что распространены в государствах – членах Европейского Союза, в Соединённых Штатах Америки и Канаде, в Японии и Республике Корея.

Необходимо найти баланс между рекомендациями для энергоменеджеров, онлайн счётчиками, ситуационными исследованиями, отраслевыми анализами резервов энергосбережения и корпоративными решениями и ноу-хау компаний, которыми они, возможно, не должны делиться, и об этом свидетельствует международный опыт.

Процесс совершенствования Справочника НДТ должен отражать принцип последовательного улучшения – основной принцип современных систем менеджмента. Так, в самое ближайшее время предстоит актуализировать национальные стандарты в сфере идентификации энергетических аспектов, определения и планирования показателей энергоэффективности, обеспечить гармонизацию терминологии национальных и международных стандартов в сфере обеспечения энергоэффективности.

Разработчики Справочника НДТ надеются, что коллеги готовы разделить позицию последовательного совершенствования Справочника НДТ, а также принять участие в разработке отраслевых практических руководств и национальных стандартов в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Приложение А (справочное)

Перечень технологий энергоэффективности, приведенных в отраслевых ИТС НДТ[13]

Таблица А.1 – Перечень технологий энергоэффективности отраслевых ИТС НДТ

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
1	Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона	Приложение И (обязательное). Энерго-эффективность	Приведены удельные показатели минимального и максимального расхода энергоресурсов при производстве целлюлозно-бумажной продукции для процессов: подготовка древесины; производство сульфатной целлюлозы; производство нейтрально-сульфитной целлюлозы; производство древесной механической массы; химико-механическая масса (осина); регенерация химикатов;	НДТ-5. Оптимальное управление системой потребления энергии и энегоэффективностью для уменьшения расхода топливно-энергетических ресурсов и снижения техногенного воздействия на окружающую среду производственных процессов и ТЭЦ. НДТ-11. Снижение образования отходов, вовлечение в повторное использование и подготовка для размещения на полигоне в.т.ч. выработка энергии). НДТ-21. Снижение потребления тепловой энергии (пара) и электроэнергии (сульфатное производство).	ПТ-1.4. Газификация черного щелока. ПТ-1.5. Увеличение производства электроэнергии на основе продуктов биомассы и утилизация избыточного тепла. ПТ-4.1. Снижение расхода воды и удельных сбросов при организации максимально возможного замкнутого цикла использования оборотной воды. ПТ-5.14. Газификация мелкой фракции отходов сортирования щепы. ПТ-5.15. Переработка осадков сточных вод (кек,

[13] Приведены согласно данным приложений «Энергоэффективность» ИТС НДТ, утвержденных приказами Росстандарта к моменту написания настоящего Справочника НДТ.

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			- каустизация и регенерация извести; - производство бумаги; - производство картона; очистка производственных сточных вод	НДТ-22. Повышение эффективности производства электроэнергии. НДТ-26. Снижение расхода тепловой энергии (пара) электроэнергии (сульфитное производство). НДТ-28. Снижение расхода тепловой и электрической энергии (производство древесной массы)	уплотненный или высушенный ил и осадок) методом сверхкритических технологий (СКТ). - *Среди приведенных 48 ПТ (см. приложение Ж) большинство являются ресурсосберегающими и способствуют снижению расхода энергоресурсов*
2	Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот	Приложение Г (обязательное). Энерго-эффективность	Приведены удельные показатели расхода сырья и энергоресурсов при производстве: - аммиака; - серной кислоты; - ЭФК; - азотной кислоты; - комплексных удобрений; - аммиачной селитры; - известково-аммиачной – селитры; - карбамида;	Приведены НТД при производстве: - аммиака; - серной кислоты; - фосфорной кислоты; - азотной кислоты; - комплексных удобрений; - карбамида	- установка сатурации природного газа; - установка параллельного трубчатого реактора в отделении риформинга; - установка дополнительной колонны синтеза аммиака; - установка котла-утилизатора после колонны синтеза; - установка рекуперативного риформинга «Тандем»;

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			- смеси карбамида и нитрата – аммония; - хлористого калия		- повышение надежности и энергоэффективности работы сернокислотных установок; - дигидратно-полугидратный (ДГ-ПГ) процесс с двухступенчатой фильтрацией; - получение концентрированного раствора (плава) карбамида; - получение твердых форм готового продукта; - сухое дробление руды до флотационной крупности
3	Производство меди	Приложение Г (обязательное). Энерго-эффективность .	Диапазон (общего) потребления электроэнергии для ряда технологических процессов с применением медного концентрата составляет от 14 до 20 ГДж на тонну катодной меди. Конкретное значение данной величины зависит в основном от состава	НДТ 2. Повышение эффективности использования энергии. НДТ 3. Повышение эффективности использования энергии при первичном производстве меди. НДТ 4. Повышение эффективности использования энергии при вторичном производстве меди. НДТ 5. Повышение эффективности использования энергии при	Перспективная технология 1. Повышение эффективности использования энергии: использование систем контроля, которые автоматически активируют включение местных отсосов пыли или отходящих газов только при возникновении выбросов.

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			концентрата (процентное содержание серы и железа), типа используемой плавильной печи, уровня обогащения кислородом, а также сбора и использования технологического тепла	электрорафинировании и электролизе. НДТ 7. Увеличение выхода меди от использования вторичных сырьевых материалов. НДТ 41. Уменьшение количества отходов, направляемых на утилизацию при первичном и вторичном производстве меди	Перспективная технология 2. Повышение эффективности использования энергии при первичном производстве меди: – использование печей взвешенной плавки; – использование тепла газов из каскада анодных печей для других процессов, например, сушки
4	Производство керамических изделий	Приложение Д (обязательное). Энерго-эффективность	Приведены: - удельный расход энергии на производство керамических изделий по подотраслям; - удельный расход сырьевых материалов на производство керамических изделий по подотраслям	НДТ 2 Снижение потребления топлива в производстве керамических изделий. НДТ 9. Снижение потребления топлива в производстве керамического кирпича. НДТ 11. Снижение потребления топлива в производстве керамической плитки. НДТ 15. Снижение потребления топлива в производстве огнеупоров.	Системы энергетического менеджмента. Применение трубчатых излучательных горелок. Применением горелок с низким выделением NOx. Применение сушил с контролируемой влажностью теплоносителя. Сушка и обжиг СВЧ-излучением

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				НДТ 16. Снижение потребления топлива в производстве санитарно-технических. НДТ 19. Снижение потребления топлива в производстве посуды. НДТ 20. Снижение потребления топлива в производстве изоляторов. *Основная часть наилучших доступных технологий, описанных в разделе 5, относится к НДТ повышения энергоэффективности*	
5	Производство стекла	Приложение Д (обязательное). Энерго-эффективность	Удельный расход энергии рассмотрен для различных подотраслей. При производстве различных видов продукции удельное потребление энергии изменяется от 6 до 60 ГДж /т и может рассчитываться как на единицу сваренной стекломассы, так и на единицу готовой продукции	НДТ 1. Системы экологического менеджмента НДТ 2. Автоматическое регулирование параметров стекловарения НДТ 3. Рекуперация тепла отходящих газов процесса стекловарения НДТ 4. Использование стеклобоя. *Основные наилучшие доступные технологии производства стекла определены как НДТ повышения энергоэффективности*	- обогащение воздуха, подаваемого для сжигания топлива при стекловарении, кислородом; - использование систем энергетического менеджмента (или их принципов инструментов)

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
6	Производство цемента	Приложение Е (обязательное). Энерго-эффективность .	Приведены диапазоны значений для: - удельного расхода сырьевых материалов на производство 1 т портландцементного клинкера и портландцемента; - удельного расхода топлива на обжиг 1 т портландцементного клинкера; - удельного расхода энергии на производство 1 т портландцемента	НДТ 1. Снижение удельных расходов сырьевых материалов для производства портландцементного клинкера и цемента. НДТ 3. Сокращение/минимизация удельных расходов тепла на обжиг клинкера. НДТ 4. Снижение потребления тепловой энергии путём выработки дополнительного количества электроэнергии или тепла путём объединения заводов с теплоэлектростанциями или теплоцентралями на базе полезной рекуперации тепла, в пределах схем регулирования энергии, которые экономически устойчивы. НДТ 6. Снижения удельного расхода энергии на производство 1 т портландцемента. НДТ 7. Разработка, реализация, поддерживание в рабочем состоянии и постоянное выполнение определенных требований системы энергетического менеджмента (СЭнМ)	- технология применения метода химической регенерации тепла; - технология эффективной утилизации тепла и очистки отходящих газов при мокром способе производства цемента; - технология использования отвальных электрометаллургических шлаков для производства цемента

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
7	Производство извести	Приложение Д (обязательное). Энерго-эффективность .	Приведены: - удельный расход сырьевых материалов на производство 1 т извести; - удельный расход топлива на обжиг 1 т извести; - удельный расход энергии на производство 1 т извести	НДТ 2 для минимизации расхода карбонатной породы. НДТ 3 для снижения расхода тепла на обжиг. НДТ 4 для минимизации использования электроэнергии	В приложении не приведены
8	Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях	Приложение В (обязательное). Энерго-эффективность	В приложении не приведены	НДТ 2-1. Внедрение и постоянная поддержка принципов энергосбережения и ресурсосбережения при обращении со сточными водами НДТ 2-2. Сокращение энергопотребления при обращении с технологическими и сточными водами НДТ 2-3. Сокращение энергопотребления на объекте обработки сточных вод НДТ 2-4. Сокращение водозабора и образования сточных вод НДТ 2-5. Сокращение до минимально возможного уровня водопотребления технологических процессов	В приложении не приведены

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				НДТ 2-6. Повышение степени повторного использования сточных вод НДТ 2-7. Создание системы сбора и разделения сточных вод НДТ 2-8. Максимально возможное извлечение из сточных вод загрязняющих веществ и их последующее использование НДТ 2-9. Использование применяемых для очистки сточных вод реагентов, имеющих методики определения остаточных концентраций НДТ 2-10. Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод и обработки осадка	
9	Обезвреживание отходов термических способом (сжигание отходов)	Приложение Д (обязательное). Энерго-эффективность	В приложении не приведены	Инжекция вторичного воздуха, оптимизация и распределение. Рециркуляция дымовых газов. Обогащение воздуха кислородом. Увеличение времени выдержки отходов в камере сжигания.	В приложении не приведены

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				Оптимизация времени, температуры, турбулентности газов в зоне сжигания и концентрации кислорода. Использование автоматически работающих вспомогательных горелок. Использование тепла. Переход с жидкого топлива на природный газ. Оптимизация КПД установок. Использование частотно-регулируемых приводов. Оптимизация системы охлаждения. Оптимизация конструкции котла-утилизатора. Использование тепловых насосов. Прямая добавка щелочных реагентов. Обеспыливание на высокотемпера-турных установках. Обработка остатков с использова-нием гидравлических вяжущих. Мониторинг HCl. Циклическое использование воды. Сепарация металлов из шлака. Путь движения дымовых газов	

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
10	Очистка сточных вод с использование м централизован ных систем водоотведени я поселений, городских округов	Приложение Г (обязательное). Энерго-эффективность	Приведены данные по диапазону расхода сырья, материалов и энергоресурсов на очистных сооружениях городских сточных вод (ОС ГСВ). Указано, что возможно полное обеспечение ОС ГСВ собственной электроэнергией и теплом (зарубежный опыт). Степень самообеспечения по электроэнергии на лучшем по этому показателю объекте в России составляет около 50 % (Курьяновские очистные сооружения, Москва)	НДТ 11а. Анаэробная стабилизация жидких осадков, включая обработку и утилизацию биогаза. Установлен технологический показатель – эффективность снижения органического вещества осадка в результате обработки по технологии НДТ 11а. НДТ 14а. Использование для подачи воздуха в аэротенки агрегатов с КПД использования электроэнергии не менее установленных. Область применения как НДТ. Установлен технологический показатель – КПД использования электроэнергии в агрегатах для подачи воздуха в аэротенки, не менее 80 %. НДТ 14б. Использование технологий подачи воздуха, аэрационных систем (воздухонагнетатели и диспергаторы), обеспечивающих в совокупности затраты электроэнергии на процесс биологической очистки сточных вод	- получение жидкого топлива из осадка. Цель технологии – получение из осадка коммерческого нефтеподобного продукта; - удаление азота через нитрит. В данной технологии до 50 % снижается энергопотребление на удаление азота, увеличиваются возможности для энергогенерации; - аноксидное окисление аммония (АНАММОКС-технологии). Процесс удаления азота характеризуется низким энергопотреблением (снижено до 1/3 от обычного); - биосушка осадка. Процесс позволяет осуществить эффективную сушку осадка при энергозатратах, сниженных более, чем в 2,5 раза по сравнению с использованием природного газа;

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				в аэротенках не более установленных. Установлен технологический показатель – затраты электроэнергии на процесс очистки сточных вод, не более 0,7 кВт·ч/кг поступающих кислородпотребляющих веществ. НДТ 14в. Применение насосных агрегатов для рециркуляции активного ила из вторичных отстойников. НДТ 14г. Применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих удалять фосфор из сточных вод преимущественно за счет биологических процессов, обеспечивающих расход реагентов, при условии выполнения технологических нормативов, не более установленных. Установлен технологический показатель – затраты реагентов на удаление фосфора из сточных вод, кг/кг удаленного фосфора. НДТ 14д. Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки	- электроосмотическое обезвоживание. Технология позволяет осуществить частичную сушку осадка сточных вод при энергозатратах, пониженных в несколько раз

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				сточных вод и обработки осадка, обеспечивающих их дозирование в количествах, минимально достаточных для осуществления технологических процессов	
11	Производство алюминия	Приложение В (обязательное).Э нерго-эффективность	Приведены уровни потребления энергоресурсов при производстве глинозема и первичного алюминия.	НДТ 6. Электролиз в электролизерах с предварительно обожженными анодами второго поколения (мощностью 300 кА и выше)	В.6.1. На производстве глинозема перевод печей спекания при производстве глинозема на сухой или полусухой способ термообработки шихты в коротких печах с теплообменниками. В.6.2. Производство алюминия с использованием инертного анода
12	Производство никеля и кобальта	Приложение Г (обязательное). Энерго-эффективность	Приведена информация об уровнях потребления энергии для основных технологических процессов	Система управления энергоэффективностью. Оптимальное размещение взаимосвязанных производств, переделов и отдельного оборудования, обеспечивающее минимизацию материальных потоков.	- технология двухзонной печи Ванюкова; - усовершенствование технологии гидрометаллургического обогащения бедного никель-пирротинового концентрата;

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				Использование избыточного тепла (например, пара, горячей воды или горячего воздуха), образующегося при реализации основных процессов. Регенеративные дожигающие устройства. Подача на горелки воздуха, обогащенного кислородом, или чистого кислорода для уменьшения потребления энергии. Низкотемпературная сушка концентратов и влажного сырья перед плавкой. Теплоизоляция объектов, функционирующих при высоких температурах, например, трубопроводов пара и горячей воды. Использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями, для таких устройств, как, например, вентиляторы.	- производство никеля электроэкстракцией рафинированием ПНТП; - производство никеля электроэкстракцией растворов выщелачивания никелевого концентрата от разделения файнштейна; - технология производства карбонильного никеля с использованием синтеза среднего давления

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				Использование горячих технологических газов от процессов плавления для нагревания подаваемых компонентов. Применение автогенных процессов плавки сырья. Использование тепла химических реакций для поддержания теплового баланса гидрометаллургических процессов	
13	Производство свинца, цинка и кадмия	Приложение Г (обязательное). Энерго-эффективность	Приведена информация об уровнях потребления сырья, материалов и энергоресурсов при производстве цинка и свинца	НДТ 2. Повышение эффективности использования энергии: использование комбинации двух или более методов, приведенных в таблице 5.1. НДТ 30. Уменьшение количества отходов, направляемых на захоронение от производства первичного свинца: организация операций на месте, с целью упрощения повторного использования остатков или, если это невозможно их направление на рециклинг с использованием одного из или комбинации методов, приведенных в таблице 5.24.	- технологии, позволяющие исключить стадии электролиза – для производства золота и серебра; - технология «молекулярного распознавания» – для производства МПГ

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				НДТ 31. Извлечение полипропилена и полиэтилена из свинцовых аккумуляторных батарей: отделение полипропилена и полиэтилена от батарей перед плавкой. НДТ 32. Повторное использование или восстановление серной кислоты, полученной от процесса переработки аккумуляторных батарей: использование одного из или комбинации методов, приведенных в таблице 5.25. НДТ 33. Уменьшение количества отходов производства вторичного свинца и олова, отправляемых на захоронение: организация операций на месте, с целью облегчения процесса повторного использования остаточных продуктов или, если это невозможно, направление их на рециклинг с применением одного из или комбинации методов, приведенных в таблице 5.26. НДТ 34. Эффективное использование энергии: использование тепла отходящих газов, образующихся в обжиговой печи, с помощью одного из или	

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				комбинации следующих методов, приведенных в таблице 5.27. НДТ 47. Сокращение потребления воды при переработке вельц-окиси: применении многостадийной противоточной промывки. НДТ 51. Сокращение объемов образования отходов, предназначенных для конечной утилизации: организация операций таким образом, чтобы содействовать повторному использованию остаточных продуктов, или, если это невозможно, их вторичной переработке с использованием одного или комбинации методов, приведенных в таблице 5.39. НДТ 52. Сокращение объемов отходов, образующихся при литье цинковых слитков и направляемых на конечную утилизацию: организация операций таким образом, чтобы содействовать повторному использованию остаточных продуктов, или, если это невозможно, их вторичной переработке с использованием одного из или комбинации методов, приведенных в таблице 5.39.	

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				НДТ 53. Обработка отходов выщелачивания с целью обеспечения их пригодности для конечной утилизации: пирометаллургическая обработка отходов выщелачивания в вельц-печи. НДТ 56. Сокращение объемов образования отходов гидрометаллургического производства кадмия, предназначенных для конечной утилизации: организация операций таким образом, чтобы содействовать повторному использованию остаточных продуктов, или, если это невозможно, их вторичной переработке с использованием одного из методов, приведенных в таблице 5.42	
14	Производство драгоценных металлов	Приложение Д (обязательное). Энерго-эффективность	Установлены следующие уровни потребления: - удельный расход сырьевых материалов на производство 1 кг драгоценных металлов – 0,97 т (см. раздел 3); - удельный расход топлива – 10 кг/кг (см. раздел 3);	НДТ 2. Эффективное использование энергии путем применения комбинации следующих методов: 1. Система энергетического менеджмента (СЭнМ). 2. Регенеративные или рекуперативные горелки.	К перспективным технологиям, направленным на повышение энергоэффективности и оптимизацию и сокращение ресурсопотребления, относятся:

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			- удельный расход энергии – 0,064 Вт/кг (см. раздел 3)	3. Использование избыточного тепла (например, пара, горячей воды или горячего воздуха), образующегося при реализации основных процессов. 4. Регенеративные дожигающие устройства. 5. Предварительный разогрев шихты, подаваемого в камеру сгорания воздуха или топлива с помощью горячих газов, образующихся при плавке. 6. Повышение температуры выщелачивающих растворов с использованием пара или горячей воды за счет избыточного тепла. 7. Предварительный разогрев подаваемого в камеру сгорания воздуха с помощью горячих газов из литейных желобов. 8. Подача на горелки воздуха, обогащенного кислородом, или чистого кислорода для уменьшения потребления энергии за счет автогенной плавки или полного сгорания углеродистого материала. 9. Низкотемпературная сушка концентратов и влажного сырья перед плавкой.	- технологии, позволяющие исключить стадии электролиза – для производства золота и серебра; - технология «молекулярного распознавания» – для производства МПГ

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				10. Использование химической энергии окиси углерода, образующейся в электрической или доменной печи, после очистки отходящих газов от пыли в качестве топлива в других производственных процессах, для производства пара / горячей воды или электроэнергии. 11. Рециркуляция загрязненных отходящих газов через кислородно-топливную горелку для использования энергии общего органического углерода. 12. Теплоизоляция объектов, функционирующих при высоких температурах, например, трубопроводов пара и горячей воды 13. 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.	

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				14. Использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями, для таких устройств как, например, вентиляторы. 15. Системы контроля, которые автоматически активируют включение местных отсосов пыли или отходящих газов только при возникновении выбросов. НДТ 2а. Разработка, внедрение, поддержание в рабочем состоянии и постоянное выполнение определенных требований системы энергетического менеджмента (СЭнМ)	
15	Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)	Приложение В (обязательное). Наилучшие доступные технологии в области энергоэффективности	В приложении не приведены	НДТ Э-1. Внедрение и постоянная поддержка принципов энергосбережения при обращении с отходами. НДТ Э-2. Сокращение энергопотребления при обращении с отходами. НДТ включает, в зависимости от конкретных условий, следующие подходы: а) многократное использование теплоносителя;	В приложении не приведены

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				б) использование избыточного пара; в) рекуперация тепла экзотермической реакции; г) применение устройств плавного пуска и частотного привода двигателей насосных и воздуходувных агрегатов. НДТ Э-3. Сокращение энергопотребления на объекте утилизации и обезвреживания отходов. НДТ включает принятие программы организации энергопотребления, ключевыми позициями которой являются: а) формирование системы, позволяющей отслеживать энергопотребление и затраты; б) проведение энергетического аудита основных технологических операций; в) модернизация оборудования, систем и элементов управления для повышения энергоэффективности; г) проведение обучения лиц, занятых в области обращения с отходами, основам организации энергоэффективности	

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
16	Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы	Приложение В (справочное). Энерго-эффективность	Приведены дипазоны удельного расхода электроэнергии, кВт*ч на 1 т продукции при производстве: – добыча каменного угля; – добыча бурого угля закрытая; – обогатительная фабрика; – добыча руд черных металлов; – добыча руд цветных металлов; – обогатительные фабрики черной металлургии; – обогатительные фабрики в цветной металлургии	Управление системой потребления энергетических ресурсов. Сокращение энергопотребления в процессах добычи и обогащения полезных ископаемых. Минимизация потерь полезных ископаемых в недрах. Максимально полное извлечение ценных компонентов из добываемого полезного ископаемого. Извлечение сопутствующих компонентов. Использование вскрышных и вмещающих пород, хвостов обогащения. Сокращение потерь полезных ископаемых при транспортировке. Сокращение забора воды из природных источников Удаление метана из горных выработок при помощи систем и схем вентиляции	Управление системой потребления энергетических ресурсов. Сокращение энергопотребления в процессах добычи и обогащения полезных ископаемых. Минимизация потерь полезных ископаемых в недрах. Максимально полное извлечение ценных компонентов из добываемого полезного ископаемого. Извлечение сопутствующих компонентов. Использование вскрышных и вмещающих пород, хвостов обогащения. Сокращение потерь полезных ископаемых при транспортировке Сокращение забора воды из природных источников. Удаление метана из горных выработок при помощи систем и схем вентиляции

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
17	Размещение отходов производства и потребления	Приложение Б (обязательное). Энерго-эффективность	В приложении не приведены	НДТ Э-1. Внедрение и постоянная поддержка принципов энергосбережения при обращении с отходами. НДТ Э-2. Сокращение энергопотребления при обращении с отходами. НДТ Э-3. Сокращение энергопотребления на объекте размещения отходов	В приложении не приведены
18	Производство основных органических химических веществ	Приложение Г (обязательное). Энерго-эффективность	Приведена информация об уровнях потребления энергии для основных технологических процессов	НДТ 16. Увеличение времени работы катализаторов, обеспечение высокой степени конверсии сырья: применение одного из или комбинации следующих методов: - обоснование выбора оптимального катализатора; - предотвращение дезактивации катализатора; - контроль показателей работы катализатора. НДТ 17. Учет методов повышения энергоэффективности, изложенных в настоящем Справочнике НДТ. НДТ 18. Снижение потребления энергоресурсов (тепла или пара) путем использования тепла отходящих газов	В приложении не приведены

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
19	Производство твердых и других неорганических химических веществ	Приложение Г (обязательное). Энергоэффективность	В приложении В «Перечень технологических показателей» приведена колонка «Энергоэффективность» с расходом топлива и тепло- и электроэнергии на производство химических веществ	Использование тепла отходящих газов со стадии охлаждения на стадии сушки продукта. Использование вторичных энергоресурсов (пара 4 атм, или нагретых отходящих газов, например, со стадии сушки) для подогрева воздуха, подаваемого в топки на горение и разбавление топочных газов или для упарки реакционных растворов. Организация замкнутого водооборотного цикла с нейтрализацией сточных вод и повторного использования оборотной воды в технологии. Точный температурный контроль стадий процесса. Контроль, регулировка и автоматизация стадий технологического процесса, влияющих на образование и выделение загрязняющих веществ (соотношение реагентов, температура, кислотность и др.).	В приложении не приведены

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				Подбор оптимальных способов транспортировки сыпучих веществ (ленточные элеваторы, внедрение мехтранспорта вместо пневмотранспорта и т.д,). Внедрение частотных регуляторов (насосы, дробилки, мешалки, вентиляторы, барабаны). Оборудование для плавного пуска барабанов. Использование современных топочно-горелочных устройств с современной системой КИПиА, обеспечивающих постоянный температурный контроль процесса сушки, полноты сжигания топлива и минимизацию образования оксидов азота. Модернизация автоматизированных систем управления технологическим процессом. Подбор оптимальных сырьевых ресурсов: переход на использование более концентрированных сырьевых компонентов (например, использование упаренной фосфорной или суперфосфорной кислоты, использование извести вместо мела).	

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				Постоянный контроль ключевых технологических параметров, поточные pH-метры и другие анализаторы. Установка современных перемешивающих устройств, снижение потребления электроэнергии путем оптимизации конструкции самой мешалки, редуктора-мотора. Локальные системы аспирации от узлов пересыпок и транспортного оборудования. Использование циклонов, рукавных фильтров (карманных фильтров – на складе сырья). Использование отходов и вторичных продуктов (паровые конденсаты, сточные воды, граншлак, фосфогипс, шламы и т. д.). Переход на локальную систему обеспечения сжатым воздухом. Замена аппаратов воздушного охлаждения на аппараты водяного охлаждения.	

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				Использование химически осаждённого сульфата кальция в народном хозяйстве фильтрации дистиллерной жидкости, направленное на решение проблемы утилизации отходов содового производства. производства хлористого кальция с получением товарного продукта из стоков производства кальцинированной соды. Обучение производственного персонала. Внедрение обучающих тренажеров. Стабилизация работы технологической системы путем равномерного распределения производственной программы. Использование современного интенсивного оборудования и процессов: – ленточных вакуум-фильтров, пресс- фильтров – разделение суспензий центрифугированием;	

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				- организация процесса упаривания на многокорпусных установках с многократным использованием греющего пара, поступающего в первый корпус и обогревом каждого последующего корпуса вторичным паром из предыдущего корпуса. - организация процесса сушки с использованием воздуха, подогретого в калорифере насыщенным водяным паром	
20	Промышленные системы охлаждения	Приложение В (обязательное). Энерго-эффективность	В приложении не приведены	Меры по повышению энергоэффективности: 1. Учет косвенного влияния ПСО на эффективность охлаждаемого производственного объекта и технологического оборудования. 2. Снижение производительности ПСО путем оптимизации объемов повторного использования тепла. 3. Учет требований охлаждаемого производственного оборудования. 4. Снижение прямого энергопотребления	В разделе 7 приводится описание перспективных технологий, в том числе основанных на методах повышения энергоэффективности, в частности, применение абсорбционных тепловых насосов

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
21	Производство оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния	Приложение Е (обязательное). Энерго-эффективность	Приведены: - удельный расход сырьевых материалов, топлива и энергии на производство 1 т оксида магния «сухим» способом; - удельный расход сырьевых материалов, топлива и энергии на производство 1 т оксида магния «мокрым» способом; - удельный расход сырьевых материалов, топлива и энергии на производство 1 т гидроксида магния; - удельный расход сырьевых материалов, топлива и энергии на производство 1 т хлорида магния	НДТ 2 для минимизации расхода магнезита или бишофита. НДТ 3 для снижения расхода тепловой энергии в зависимости от технологического процесса и вида продукции. НДТ 4 для снижения и предотвращения производственных потерь НДТ 15 с использованием гидроксида кальция в качестве щелочного агента (вместо гидроксида натрия)	В приложении не приведены
22	Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный	Приложение В (обязательное). Энерго-эффективность	В приложении не приведены	НДТ 2-1. Внедрение и постоянная поддержка принципов энергосбережения и ресурсосбережения при обращении с образующимися выбросами вредных (загрязняющих) веществ.	ПТ-1. Мультивихревой гидрофильтр МВГ. ПТ-2. Технология очистки газов контактным охлаждением.

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
	воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»			НДТ 2-2. Сокращение энергопотребления при обращении с образующимися выбросами вредных (загрязняющих) веществ. НДТ 2-3. Сокращение энергопотребления при очистке выбросов вредных (загрязняющих) веществ. НДТ 2-4. Сокращение образования выбросов вредных (загрязняющих) веществ. НДТ 2-5. Максимально возможное извлечение из отходящих газов загрязняющих веществ и их последующее использование. НДТ 2-6. Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки выбросов загрязняющих (вредных) веществ. НДТ 2-7. Использование комплексного подхода при обращении с отходящими газами. НДТ 2-8. Сбор отходящих газов	ПТ-3. Компактный гибридный коллектор твердых частиц. ПТ-4. Агломерация частиц. ПТ-5. Плазмокаталитическая технология воздухоочистки ПКТ. ПТ-6. Компактные электрофильтры. ПТ-7. Трехступенчатый пылеуловитель. ПТ-8. Фотокаталитическое окисление с диоксидом титана. ПТ-9. Использование керамических фильтров для удаления нескольких загрязняющих веществ. ПТ-10. Комплексная очистка от SOx и NOx. ПТ-11. Система десульфуризации дымовых газов NID™. ПТ-12. Технология десульфурации выбросных промышленных газов по СПР-методу

Продолжение таблицы А.1

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбе-режении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
22[1]	Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения**	Приложение М (обязательное). Энергоэффективность	В перечень рекомендованных показателей, отражающих эффективность использования энергии на предприятиях, включены такие параметры, как: - температура в камере сгорания установки для сжигания термического типа и время удерживания (или поток); - температура катализатора в установке для сжигания каталитического типа; - измерение концентрации оксида углерода (CO) или суммы летучих органических соединений (ЛОС) в отходящих газах при сжигании органического топлива (характеризует полноту сгорания топлива); - температура газа на выходе из охладителя	В приложении не приведены	В приложении не приведены

Приложение Б (обязательное)

Перечень НДТ

Перечисленные в таблице Б.1 технологии подлежат применению с учётом отраслевых особенностей предприятий, отнесённых к объектам I категории. Выбор НДТ осуществляется руководством предприятий и зависит от характера технологических процессов и особенности сложившихся управленческих подходов.

Таблица Б.1 – Перечень наилучших доступных технологий энергоэффективности

Номер НДТ	Наименование НДТ	Ссылка на раздел Справочника НДТ
НДТ 1	Оптимальные контроль и управление системой потребления энергии и производственным процессом с использованием современных средств автоматизации	4.2
НДТ 2	Утилизация тепловой энергии выбросов, отходов, продукции, систем охлаждения	4.3
НДТ 3	Оптимизация термодинамических параметров (температура, время, давление) производственного процесса, в том числе теплоизоляция объектов с повышенной температурой	4.3
НДТ 4	Повторное использование отходов технологического процесса и уменьшение их количества	4.4
НДТ 5	Инфраструктурные и технологические приемы по повышению энергоэффективности	4.5
НДТ 6	Комплексный подход к выявлению резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности теплоэнергетических и энерготехнологических систем предприятий	3
НДТ 7	Использование инструментов энергетического менеджмента	5.2

Приложение В (справочное)

Примеры применения энергосберегающих технологий и мероприятий

Пример № 1 – Использование математических моделей для оптимизации производственного процесса. Магнитогорский металлургический комбинат оптимизировал расход сырья на базе технологии Big Data.

Специалисты в области информационных технологий провели анализ информации, накопленной за предыдущие годы работы в кислородно-конвертерном цехе. На базе информации корпоративного хранилища, создана математическая модель с помощью алгоритмов Machine Learning («машинное обучение»). Конечный программный продукт принимает данные по исходному составу, исходной массе и требованиям по содержанию химических элементов в готовой стали, а в качестве результата, используя математическую модель, выдаёт оптимальное количество ферросплавов и добавочных материалов при производстве стали. Технологии, используемые в проекте «Снайпер», относятся к направлению Big Data («большие данные») – обработка больших массивов информации с целью улучшения управленческого процесса и оптимизации производства.

Летом 2016 года рекомендательный сервис прошел приемочные испытания в кислородно-конвертерном цехе и введен в опытно-промышленную эксплуатацию.

Предварительное тестирование показало, что экономия ферросплавов при использовании данного решения составляет в среднем 5 %. Годовая экономия при этом может превысить 275 млн руб.

Пример № 2 – Утилизация тепловой энергии. Строительство установки сухого тушения кокса (УСТК) на ОАО «Северсталь».

Применение УСТК обеспечивает повышение выхода годного и качества кокса, снижает содержание влаги на 6 %, также значительно сокращается загрязнение окружающей среды.

Строительство проведено в 2011 для двух коксовых батарей, общей производительностью 1,32 млн. т кокса/год.

Затраты на строительство УСТК составили 280 млн. руб.

Использование УСТК позволяет снизить 40 кг у.т. на 1 тонну кокса.

Общий реалистичный потенциал от внедрения составляет 0,9 млн. т/год.

Пример № 3 – Применение бесконусных загрузочных устройств (БЗУ) ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Была изменена конструкция засыпного аппарата, подающего в доменную печь шихту. Благодаря внедрению засыпных аппаратов третьего поколения (бесконусных загрузочных устройств лоткового типа) снижается неравномерность распределения шихтовых материалов, обеспечивается получение заданного профиля засыпи, резко улучшается степень использования газа.

Кроме этого, уменьшается удельный расход кокса, достигается положительный экологический эффект.

Стоимость внедрения БЗУ составляет 5 - 6 млн.$ на 1 доменную печь.

Использование БЗУ позволяет снизить 15 кг у.т. на 1 тонну чугуна..

+3 % к производительности доменного производства.

Общий реалистичный потенциал от внедрения составляет 0,8 млн. т/год.

Пример № 4 – Комплексный подход, в том числе использование организационных мер. Повышение энергоэффективности издательского-полиграфического комбината «Парето-Принт».

Издательско-полиграфический комплекс ООО «ИПК "Парето-Принт"» был возведён в торгово-промышленной зоне Боровлёво-1 города Твери в 2009 году, относится к крупным промышленным предприятиям полиграфической отрасли.

Производственный корпус «Парето-Принт» спроектирован и построен по европейским стандартам, оснащен современным высокотехнологичным оборудованием ведущих мировых производителей.

Потребление энергоресурсов типографии в среднем в год составляет:

- электроэнергия – 10,5 мВт*ч, что соответствует 171 квт/1000 книг;
- природный газ – 330 тыс. $м^3$, что соответствует 7,4 $м^3$/1000 книг;
- водоснабжение – 30 тыс. $м^3$, что соответствует 0,зз $м^3$/1000 книг.

Энергосберегающие мероприятия:

- настройка режима работы автоматических горелок помогает рационально использовать топливо в отопительный сезон (природный газ);
- внедрение устройства автоматического регулирования и управления вентиляционными установками как по времени, так и по поддержанию оптимальной температуры, осуществляет снижение потребления электроэнергии и тепла. В помещении административно-бытового корпуса в ночное (не рабочее) время вентиляция автоматически отключается и запускается за час перед приходом сотрудников, очевидно, что такая организация управления вентиляцией позволяет снизить энергозатраты и исключить человеческий фактор;
- остановка пневмотранспорта в нерабочее время;
- использование установки компенсации реактивной мощности в системе электроснабжения дает возможность автоматически поддерживать cos φ (коэффициент мощности) для снижения нагрузки на электросеть предприятия, тем самым снижает потери электроэнергии в трансформаторах и электрических сетях предприятия;
- автоматическое управление уличным освещением территории предприятия за счет датчика освещенности, обеспечивает снижение затрат на освещение в светлое время суток;
- на предприятии приобретается оборудование высокой степени энергоэффективности, например, приобретена и запущена переплетная линия, 90 % электродвигателей которой оборудованы системой частотного регулирования скорости;
- заменены электромагнитные пускорегулирующие аппараты (ЭМПРА) на электронные (ЭПРА), что позволяет увеличить срок использования ламп и убирает стробоскопический эффект;

- на предприятии производится замена светильников с люминесцентными лампами на светодиодные светильники. С целью улучшения освещенности рабочих мест производится установка местного освещения с применением только светодиодных светильников;

- ежегодная промывка трубопроводов системы отопления позволяет максимально эффективно использовать теплоотдачу за счет удаления отложений;

- использование вторичного тепла от охлаждения компрессоров позволяет отапливать производственные помещения в отопительный период.

Ранее была проведена работа (2009–2013 гг.) по использованию вторичного тепла с целью сокращения затрат на отопление, результатом которой стало снижение затрат на отопление на 54,2 % всей потребности тепла. В 2015 году сокращение затрат на поддержание температуры было снижено еще на 19,8 %.

По проектной документации потребность тепла всего предприятия составляет 9259 Гкал. По данным 2015 года фактическая выработка котельной составила 2417 Гкал. Разница в 6842 Гкал была получена за счет использования вторичного тепла, что составляет 74 % от всей потребности тепла.

Мероприятия проекта выполняются за счет собственных средств предприятия. Общая стоимость затрат на внедрение 236 тыс. рублей. В таблицах 4.11 а–г. приведены мероприятия, реализованные за период с 10.2015г. по 09.2016сг.

Таблица В.1 – Реализованные мероприятия

№	Наименование	Ориентировочная экономия, кВт/год, руб/год	Мероприятия/затраты в денежном выражении	Расчетный период окупаемости проекта
1	Остановка пневмотранспорта альбомного участка Polar-137 в нерабочее время	95 000 кВт/год 370 000 руб/год	Внести изменение в электросхему/нет	Окупаемость с момента внедрения ввиду отсутствия материальных затрат
2	При работе без подрезки на флаторезках отключать пневмотранспорт с пульта местного управления	82 000 кВт/год 32 0000 руб/год	Выдача распоряжения машинистам флаторезки, информационная табличка/нет	Окупаемость с момента внедрения ввиду отсутствия материальных затрат
3	Остановка промежуточного вентилятора флаторезок в нерабочее время	18 000 кВт/год 70 000 руб/год	Внести изменение в электросхему/нет	Окупаемость с момента внедрения ввиду отсутствия материальных затрат
4	Отключение вентиляции офиса с 20-00 до 6-00	20 000 кВт/год 78 000 руб/год	Автоматизация/3000 руб.	Окупается за 14 дней
5	Компенсация реактивной мощности	8 500 кВт/год 33 000 руб/год	ТО статических конденсаторов, настройка контролера/нет	Быстрая окупаемость
6	При простое печатной машины «Книга-70» отключать освещение	6 000 кВт/год 23 500 руб/год	Выдача распоряжения печатникам, наличие информационной таблички/нет	Окупаемость с момента внедрения ввиду отсутствия материальных затрат
7	Отключение пневмотранспорта линий Болеро и ОТІ 00 на обед	10 500 кВт/год 41 000 руб/год	Выдача распоряжения машинистам Болеро, информационная табличка/нет	Окупаемость с момента внедрения ввиду отсутствия материальных затрат
8	Замена 56 шт. светильников с люминесцентными лампами на светодиодные светильники	37 600 кВт/год 161 680 руб/год	Замена своими силами/ затраты на покупку светильников 233 000 руб.	Окупается за 1,5 года
	Итого	277 600 кВт/год 1 097 180 руб/год	Затраты составили 236 000 руб/год	

Благодаря внедренной программе энергосберегающих мероприятий, удалось снизить расход электроэнергии в 2015 году относительно 2014 года (с учетом дополнительно подключенного оборудования) абсолютный показатель равен 4,2 %. Принимая во внимание производственный рост, энергоемкость продукции снизилась на 12,8 %.

Таблица В.2 – Анализ расхода электроэнергии к выпуску продукции

	2014		2015	
	кВт*ч	книги	кВт*ч	книги
Итого	10 600 584	52 277 249	10 157 280	57 413 653
кВт/100 книг	20,3		17,7	

Таблица В.3 – Экономия природного газа

№	Наименование	Ориентировочная экономия м^3/год, руб/год	Мероприятия/ затраты в денежном выражении	Расчетный период окупаемости проекта
1	Отключение вентиляции офиса с 20-00 до 6-00	10 000 м^3/год 50 000 руб/шд	Автоматизация/3000 руб	Окупается за 14 дней
Итого		10 000 м^3/год 50 000 руб/год	Затраты составили 3000 руб.	

За счет экономного расхода потребление газа в 2015 году снижено на 12 %. Энергоемкость продукции снижена на 20 %.

Таблица В.4 – Энергоемкость продукции

	2014		2015	
	газ тыс. м^3	книги	газ тыс. м^3	книги
ИТОГО	348 192	52 277 249	306 352	57 413 653
м^3/1000 книг	6,66		5,34	

Срок окупаемости проекта составил 1,5 года.

Благодаря организации систематического сбора и анализа показателей энергозатраты предприятия снизились:

- на электроэнергию – на 12,8 % на единицу выпускаемой продукции;
- на теплоэнергию (природный газ) – на 19,8 % на единицу выпускаемой продукции.

Пример № 5 – Четвертый древесно-подготовительный цех АЦБК 10 лет работает по НДТ.

В запущенном в промышленную эксплуатацию в конце 2006 г. древесно-подготовительном цехе № 4 (ДПЦ-4) в АО «Архангельский ЦБК» применяется сухой способ окорки древесины, который относится к наилучшим доступным технологиям. В настоящее время расход свежей воды на 1 пл. м^3 балансов составляет 0,361 м^3 (согласно Справочнику НДТ, минимальное значение 0,56 м^3/пл.м^3, максимальное 6,5 м^3/ пл.м^3). В обороте участвует более 70 % воды.

Цех оснащен технологическим оборудованием, которое эксплуатируется при применении НДТ: расход древесных балансов на производство 1 пл.м^3 щепы составляет 1,09 пл.м^3 (согласно Справочнику НДТ, минимальное значение – 1,09 пл.м^3/пл.м^3, максимальное – 1,12 пл.м^3/пл.м^3).

Рубительная машина с горизонтальной подачей балансов и боковой разгрузкой щепы позволяет получать щепу высокого качества с низкими потерями древесины. Выход щепы из балансов хвойных пород 0,93 пл.м^3/пл.м^3, лиственных пород 0,91 пл.м^3/пл.м^3 (по НДТ – минимальное значение – 0,89 пл.м^3, максимальное – 0,93 /пл.м^3).

Расход электроэнергии на подготовку 1 пл.м^3 балансов составляет 7,6 кВт·ч против установленного НДТ минимального значения 7,3 кВт·ч/пл.м^3, максимального 33,50 кВт·ч/пл.м^3.

В результате сухой окорки кора имеет более низкое содержание влаги, что ведет к повышению энергоэффективности при сжигании. Для повышения сухости коры в ДПЦ-4 уже более 10 лет используется короотжимной пресс (выход коры с влажностью не более 53 % на листве, не более 58 % – на хвое).

Пример № 6 – Замена источника энергии в агрегатах. Установка газового парогенератора» на ПАО «СПЗ».

Суть проекта: переход на другой вид энергоресурса (газ) для производства пара. Для нагрева технологических ванн гальванического производства используется пар. Для выработки пара использовались два электрических парогенератора, что приводило к большим затратам на их эксплуатацию, они были заменены на один.

Инвестиции в реализацию проекта составили 2700 тыс. руб. Финансирование осуществлялось за счёт собственных средств ПАО «СПЗ». Предварительный срок окупаемости проекта составляет 2 года. Реализация проекта позволила сократить время нагрева технологических ванн с 2-х часов до 0,5 часа, что позволяет покрывать большее количество производимых деталей. Фактический экономический эффект за 6 месяцев 2016 года составил 714,2 тыс. рублей (без учёта НДС).

В рамках развития проекта планируется установка автоматических регуляторов температуры прямого действия на технологические ванны, а также конденсатоотводчиков и теплообменника на конденсатопровод, что позволит достичь индивидуальной регулировки температуры на ваннах, снижения потребления газа на выработку пара (~ 5–10 %) и повышения качества возвращаемого конденсата.

Пример № 7 – Использование отходов. Перевод котлоагрегатов Нижнекамской ТЭЦ на сжигание нефтяного кокса.

Суть проекта: Выдача тепловой и электрической энергии после реконструкции и ввода в эксплуатацию основного котельного и котельно-вспомогательного оборудования Нижнекамской ТЭЦ с технологией факельного сжигания нефтяного кокса, в виде пылевидного топлива с установки замедленного коксования.

В основу установки глубокой переработки тяжелых остатков нефти на «ТАНЕКО» была принята схема с использованием технологии замедленного коксования, в качестве остатка нефтепереработки получается нефтяной кокс.

Проектом предполагается реконструкция установленных энергетических котлоагрегатов «ТГМЕ-464» Нижнекамской ТЭЦ, работающих на природном газе, для сжигания нефтяного кокса в виде пыли с установки замедленного коксования «Комплекса нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов» (ОАО «ТАНЕКО»), в объемах 700 тыс. тонн нефтяного кокса в год.

В результате предпроектной проработки выбрана технология аммиачной очистки газов с производством удобрения – сульфата аммония. Эта технология предусматривает следующие основные этапы обработки дымового газа после сжигания кокса. Первое – очистка газа на фильтрах с целью удаления золы – твердых частиц оксидов металлов. Второе - промывка дымовых газов аммиачным раствором для удаления окислов серы. В результате и получается востребованное сельскохозяйственное удобрение. «Татнефть» ставит очень жесткие нормы по качеству очищенного дымового газа после сжигания кокса.

В переоборудование ТЭЦ под новое топливо планируется инвестировать около 10 млрд. рублей, срок окупаемости около 5 лет.

Пример № 8 – Совмещение технологий. Получение водорода по новой технологии на КАО «Азот».

Водород является сырьём для получения полупродуктов производства капролактама. Производство водорода на «Азоте» устарело физически и морально, в декабре 2015 года руководство предприятия согласовало реализацию проекта, в соответствии с которым в 2017 году этот газ на заводе начнёт вырабатываться по новой технологической схеме.

Было принято решение о строительстве установки короткоцикловой адсорбции (КЦА) рядом с агрегатами аммиака. Установка КЦА использует часть водорода из азото-водородной смеси (АВС) – сырья для производства аммиака. Для реализации этой идеи необходимо было увеличить выработку АВС, что удалось сделать за счёт технического перевооружения агрегата Аммиак-1, выполненного в период остановочного капитального ремонта.

Общая стоимость обновления производства водорода составит около 920 миллионов рублей без учёта НДС. Однако эти затраты позволят заводу в дальнейшем ежегодно экономить порядка 500 миллионов рублей.

Технология КЦА основана на поглощении газа адсорбентом с использованием функции давления. Главная отличительная особенность безнагревной КЦА (PSA) в том, что циклы адсорбции и десорбции проводятся при одной и той же температуре,

но парциальное давление адсорбирующихся компонентов при адсорбции больше, чем при десорбции.

Главное преимущество процессов PSA перед традиционным методом проведения адсорбционных процессов в циклах адсорбции-десорбции при различных температурах – в устранении стадий нагрева и охлаждения адсорбера, требующих больших затрат времени и энергии.

Пример № 9 – Оптимизация непроизводственных затрат. Модернизация системы освещения производственной площадки в г. Кемерово.

Освещение производственной площадки филиала ООО «СИБУР ГЕОСИНТ» в г. Кемерово было установлено в 2008 году при пуске производственных линий по выпуску геосинтетических материалов. Освещение было выполнено из светильников типов ГСП, ЛПО.

Мероприятия:

- заменены светильники на светодиодные;
- все места прохода персонала оборудованы датчиками движения и переключателями (проходными выключателями);
- в местах складирования материалов, продукции, отходов реализовано зонное регулирование (каждая ячейка хранения включается отдельно).

Эффект от мероприятия – 293,97 тыс. кВт*ч (потребление электроэнергии за год после внедрения – 61,9 тыс. кВт*ч, за год до внедрения – 355,87 тыс. кВт*ч). Эффект от мероприятия – 712,59 тыс. рублей (затраты за год после внедрения – 150,04 тыс. рублей, за год до внедрения – 862,62 тыс. рублей)

Пример № 10 – Оптимизация непроизводственных затрат. «Комплексная модернизация производственного здания ООО «Завод модульных конструкций "Башеврокуб"».

Здание имеет следующие измерения: Высота цеха: 14,4 м. Площадь фасада: 3410 м^2. Площадь кровли (потолка): 2052 м^2. Стены здания выполнены плитами ПТСК 6-12-3. Стены были дополнительно утеплены плитами из экструдированного пенополистирола толщиной 50мм и защищены профилированным листом НС-10. Крыша: Бетонные плиты, керамзит, бетонная стяжка, рубероид в 4 слоя.

Кровля дополнительно утеплена базальтовым утеплителем толщиной 50мм. и защищена профилированным листом НС-35.

Существующая система освещения: светильник 500 Вт в количестве 46 шт. Система освещения, установленная взамен: светильник светодиодный 200 Вт в количестве 10 шт. и светильник светодиодный 70 Вт в количестве 8 шт.

Существующая система отопления: централизованное паровое от КЦ-6. Вместо неё была смонтирована газовая система отопления. Газовая горелка B64-2SX G в количестве 22 шт. (высота установки инфракрасных газовых горелок 10м) и модуль автоматического управления МТН 150 в производственном помещении.

Также уделили внимание основному производству, в системе подачи сжатого воздуха установили современней винтовой компрессор с автоматическим отключением, что позволяет исключить энергопотребление при отсутствии нагрузки. Смонтирована автоматическая система управления вакуумными насосами, которые

используется по технологии производства, что позволило исключить холостую работу и снизить энергопотребление.

Оценочная сумма затрат – 9,5 млн. рублей.

1. Экономия электрической энергии от реализации проекта – 300 000 кВт•ч или 40,7 %. Расчетная экономия средств на электроэнергию в первый год после реализации проекта – 1,3 млн. руб.

2. Экономия затрат на отопление от реализации проекта: от перехода на газ – 2 млн. руб., в т.ч. от использования контроллера управления инфракрасными газовыми излучателями – 0,7 млн. руб.

Пример № 11 – Комплексный подход. Энергосбережение на предприятиях концерна «Тракторные заводы».

Таблица В.5 – Основные реализованные мероприятия

Направление энергосбережения	**Наименование мероприятия**	**Экономический эффект**
Система электроснабжения	Оптимизация работы систем оборотного водоснабжения	3 400 тыс. кВт*ч
	Анализ договорных отношений/Выбор оптимальных тарифов.	10 700 тыс. кВт*ч
	Оптимизация выработки спецгазов	2 800 тыс. кВт*ч
	Введена система планирования выработки и потребления сжатого воздуха	8 900 тыс. кВт*ч
	Оптимизация гидравлического режима системы ГВС	2 800 Гкал
Система теплоснабжения	Внедрение современных источников тепла	7 400 Гкал
	Оптимизация системы пароснабжения	5 100 Гкал
	Оптимизация систем теплоснабжения и ГВС	3 200 Гкал
	Внедрение программы контроля температурного режима в системе отопления	7 800 Гкал
Энергоемкие технологии	Термическое производство (усиление тепловой защиты печного, молотового оборудования, контроль загрузки оборудования, использование малогабаритных печей)	240 т у.т.
	Окрасочное производство (оптимизация технологического производства, времени покраски, режимов работы, загрузки оборудования)	70 т у.т.
	Гальваническое производство (внедрение режима форсированного разогрева ванн, использование дополнительной тепловой защиты, оптимальный недельный режим работы оборудования и персонала, контроль загрузки оборудования)	330 т у.т.
	Моечное и сушильное оборудование (оптимизация режима работы оборудования, подбор низкотемпературных жидкостей, контроль основных показателей теплообменных поверхностей, усиление тепловой защиты оборудования, ликвидация горячих простоев оборудования)	400 т у.т.

Энергосберегающие мероприятия внедряются со сроком окупаемости не более 24 месяцев.

Во всех подразделениях ООО «ККУ "Концерн «Тракторные заводы"» и во всех производственных бизнес-единицах, находящиеся под управлением ООО «ККУ "Концерн «Тракторные заводы"» действует регламент «Управление энергосбережением» № 800-197-2015. Регламент основывается на методологии, известной как цикл последовательного улучшения «Plan – Do – Check - Act» (PDCA).

Внедрено положение о соревновании по энергосбережению среди производственных бизнес-единиц на основе определения рейтинга по энергосбережению.

Суммарный экономический эффект от реализации энергосберегающих мероприятий за период 2015 г. – 1 полугодие 2016 г. составил порядка 110 млн. руб.

Библиография

1. Концепция энергосбережения и повышения энергетической эффективности ПАО «Газпром» на 2011–2020 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

2. ОАО «Лукойл». Отчет о деятельности в области устойчивого развития на территории Российской Федерации в 2013–2014 гг. gost.e-ecolog.ru

3. Роснефть: годовой отчёт за 2015 год. Стабильность. Технологии. Развитие [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru u/docs/report/2015/reports/rus_report_2015.pdf.

4. Официальный сайт компании СИБУР. Устойчивое развитие. Энергоэффективность [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

5. Корпоративный социальный отчет Группы СУЭК 2014–2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

6. ИТС 2-2015 Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

7. ИТС 3-2015 Производство меди [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

8. ИТС 4-2015 Производство керамических изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

9. ИТС 5-2015 Производство стекла [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru x/its-ndt.html.

10. ИТС 6-2015 Производство цемента [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru x/its-ndt.html.

11. ИТС 7-2015 Производство извести [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru x/its-ndt.html.

12. ИТС 9-2015 Обезвреживание отходов термических способом (сжигание отходов) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

13. ИТС 10-2015 Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

14. ИТС 11-2016 Производство алюминия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

15. ИТС 12-2016 Производство никеля и кобальта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

16. ИТС 13-2016 Производство свинца, цинка и кадмия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

17. ИТС 14-2016 Производство драгоценных металлов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

18. ИТС 16-2016 Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

19. ИТС 17-2016 Размещение отходов производства и потребления» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

20. ИТС 18-2016 Производство основных органических химических веществ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

21. ИТС 19-2016 Производство твердых и других неорганических химических веществ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

22. ИТС 20-2016 Промышленные системы охлаждения»[Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

23. ИТС 21-2016 Производство оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

24. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. – М. : Эколайн, 2012.

25. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009. – URL : gost.e-ecolog.ru

26. ГОСТ Р 56828.15-2016. Наилучшие доступные технологии. Термины и определения.

27. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности металлообработки. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

28. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности нефтепереработки. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

29. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности нефтехимического производства. – URL :
gost.e-ecolog.ru

30. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности переработки молока. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

31. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности производства алюминия. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

32. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности производства продуктов питания. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

33. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности производства стекла. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

34. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности производства фармацевтических препаратов. – URL :

gost.e-ecolog.ru
and-cost-saving-opportunities-pharmaceutical.

35. Производство цемента: калькулятор энергоэффективности. URL : gost.e-ecolog.ru

36. Рекомендации по повышению энергоэффективности производства цемента. – URL : gost.e-ecolog.ru %20STAR %20Guide %20for %20the %20Cement %20Industry %2027_08_2013_Rev %20js %20reformat %2011192014.pdf.

37. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности производства чугуна и стали. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

38. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности целлюлозно-бумажного производства. – URL : gost.e-ecolog.ru facility-owners-and-managers/industrial-plants/measure-track-and-benchmark/energy-star-energy-13.

39. Рекомендации компании Carbon Trust : энергоменеджмент. URL : gost.e-ecolog.ru

40. Рекомендации компании Carbon Trust : мониторинг и постановка задач в сфере энергоэффективности. – URL : gost.e-ecolog.ru energy-efficiency/monitoring-and-targeting/.

41. Рекомендации компании Carbon Trust : повышение энергоэффективности металлообработки. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

42. Рекомендации компании Carbon Trust : повышение энергоэффективности производства бумаги. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru pdf .

43. Рекомендации компании Carbon Trust : повышение энергоэффективности производства кирпича. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru pdf..

44. Рекомендации компании Carbon Trust : повышение энергоэффективности производства пива. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

45. Рекомендации компании Carbon Trust : повышение энергоэффективности производства хлеба. – URL : gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

46. Исследование потенциала энергоэффективности и энергосбережения в промышленности и возможных механизмов политики. – URL : gost.e-ecolog.ru %20DG %20ENER %20Industrial %20EE %20study %20- %20final %20report_clean_stc.pdf.

47. Mining Industry Energy Bandwidth Study. US Department of Energy. – URL : gost.e-ecolog.ru

48. – Energy and environmental profile of the US mining industry. US Department of Energy. URL : gost.e-ecolog.ru environmental-profile-us-mining-industry-december-2002.

49. Energy Efficiency in Exploration and Production of Oil & Gas. – URL : gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru

50. Международная финансовая корпорация. Руководство по энергосбережению в промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru s/wcm/connect/c25b18004886583db4eef66a6515bb18/1-2 %2BEnergy %2BConservation.pdf?MOD=AJPERES.

51. Международная финансовая корпорация. Общее руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru tainability/our+approach/risk+management/ehsguidelines.

52. Методические рекомендации по определению технологии в качестве наилучшей доступной. Утверждены приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665.

53. Перечень областей применения наилучших доступных технологий. Утвержден распоряжением Правительства РФ от 24 декабря 2014 г. № 2674-р.

54. О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям : Постановление Правительства РФ от 23 декабря 2014 г. № 1458 (с изменениями и дополнениями от 9 сентября 2015 г.).

55. ГОСТ Р ИСО 50001-2012. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению.

56. Политехнический словарь. – М. : БСЭ, 1989. – С. 432.

57. Энергетическая стратегия РФ : офиц. текст [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

58. ГОСТ 27322-87. Энергобаланс промышленного предприятия. Общие положения – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1987. – 16 с.

59. ГОСТ Р 51387-99. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 20 с.

60. ГОСТ Р 51750-2001. Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. Общие положения. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 29 с.

61. Гашо, Е. Г. [авт. и сост.] Энергосбережение в зеркале промышленной политики [Электронный ресурс] : Информационный обзор. – Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

62. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении эне ргетической эффективности в Российской Федерации в 2014 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

63. База данных эколого-энергетического рейтингового агентства Интерфакс - ЭРА. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru predpriyatii/fundamentalnaya-effektivnost/sredneotraslevye-znacheniya

64. Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации (утверждена распоряжением Правительства РФ от 03.04.2013 № 511-р).

65. Гашо, Е. Г. Наилучшие доступные технологии: готовность к изменениям. [Электронный ресурс]: Информационный обзор. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

66. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении эне ргетической эффективности в Российской Федерации в 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

67. ISO 50002:2014. Energy audits – Requirements with guidance for use : международный стандарт.

68. ISO 50004:2014. Energy management systems – Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an energy management system : международный стандарт.

69. ISO 50006:2014. Energy management systems – Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) – General principles and guidance : международный стандарт.

70. ISO 50015:2014. Energy management systems – Measurement and verification of energy performance of organizations – General principles and guidance : международный стандарт.

71. Степанова, М.В. Энергоменеджмент: Универсальный размер? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru pro.ru/library/production_management/operations_management/energomanagement-stepanova.html .

72. Степанова, М.В., Посадов, В.А. Энергоменеджмент на промышленных предприятиях: уроки внедрения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

pro.ru/library/production_management/operations_management/energomanagement-uroki.html .

gost.e-ecolog.ru