

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



ИНФОРМАЦИОННО-  
ТЕХНИЧЕСКИЙ  
СПРАВОЧНИК  
ПО НАИЛУЧШИМ  
ДОСТУПНЫМ  
ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС

*Проект 2017*

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

(ИТС НДТ ЭЭ)

*Настоящий проект справочника не подлежит применению до его  
утверждения*

Москва  
Бюро НДТ  
2016-2017

## Содержание

<b>Введение</b> .....	3
Предисловие .....	5
Область применения .....	8
Термины и определения.....	10
Раздел 1. Анализ энергопотребления в ключевых отраслях на объектах I категории.....	14
Раздел 2. Определение наилучших доступных технологий, методов и практик повышения энергоэффективности .....	43
Раздел 3. Резервы повышения энергоэффективности на объектах I категории и методы их выявления .....	53
Раздел 4. Применение технологических решений для реализации различных резервов повышения энергоэффективности.....	76
Раздел 5. Инструменты и практика энергетического менеджмента.....	147
Заключительные рекомендации по применению справочника .....	172
Приложение А (справочное).....	177
Библиография .....	213

## **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 принятой за рубежом.

### **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.** Обоснован межотраслевой характер справочника и показано, что он распространяется 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 разработки, актуализации и опубликования 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 повышения энергоэффективности на объектах I категории и предложены практические методы их выявления.

В **разделе 4** описана практика применения технологических решений для реализации различных резервов повышения энергоэффективности 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 направлении 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 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности».

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

## **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) ([www.burondt.ru](http://www.burondt.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 решения, являющиеся наилучшими доступными технологиями (НДТ), Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016 г.) «Об охране окружающей среды», 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 отражающих также 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 ИТС 48 в 2009-2012 гг. Использованы также материалы отчёта, подготовленного 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.

#### **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 \_\_ \_\_\_\_ 2017 г. № \_\_\_\_.

Справочник НДТ введен в действие с \_\_\_\_ 201\_ года, официально опубликован в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет [www.gost.ru](http://www.gost.ru).

ПРОЕКТ

## **Область применения**

Настоящий межотраслевой (горизонтальный) справочник НДТ разработан во взаимосвязи с отраслевыми справочниками, 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, 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 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.



Справочник НДТ подлежит применению 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 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»).

ПРОЕКТ

## Термины и определения

**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. Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергоэффективности

**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. Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергоэффективности

**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.

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

**Топливо-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, отнесенное к объёму производства (как правило, в пересчёте на единицу готовой продукции).

**Энергетическая базовая линия** – количественная(ые) характеристика(и), являющаяся(и)ся) 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. Использование энергии – способ или вид применения энергии (вентиляция, освещение, обогрев, охлаждение, транспортировка, процессы, производственные линии).

**Энергетическая политика** – официальное заявление высшего руководства организации о ее основных намерениях и направлениях деятельности в отношении энергетических результатов. Энергетическая политика определяет рамки действий и служит основой для постановки энергетических целей и задач.

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

**Энергетическая эффективность** – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 50001-2012 энергетическая эффективность – отношение или другая количественная взаимосвязь между результатом работы, услуги, произведенными товарами или энергией и потребленной энергией, поступившей на вход.

**Энергетическая эффективность** – коэффициент или другая количественная взаимосвязь между результатом хозяйственной деятельности, полезным эффектом (выпуском товаров, производством услуг, получением энергии) на выходе процесса и энергией, затраченной в целях получения этого эффекта, на входе, в отношении продукции, технологического процесса, единицы оборудования.

**Энергетическая результативность** – в отношении организации, энергетической политики, энергетических задач, системы управления – измеримый(ые) результат(ы), 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.

**Энергетические результаты** – измеряемые результаты, относящиеся к энергетической эффективности, использованию энергии и потреблению энергии.

**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).

**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.

**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.

**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).

**Энтальпия** – термодинамический потенциал, характеризующий состояние системы в термодинамическом равновесии при выборе в качестве независимых переменных давления, энтропии и числа частиц.

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.

**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.

**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).

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

Энергетическая стратегия РФ до 2030 года ставит центральной задачей снижение удельной энергоёмкости валового внутреннего продукта. Энерго- и ресурсосбережение является 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 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 в трех ключевых направлениях:

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

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 электроэнергетика, как инфраструктурный комплекс, призванный обеспечить нормального функционирования и развития 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%.

**Соответственно, значительная часть основного энергетического оборудования ТЭЦ работает в существенно нерасчетных режимах, что приводит к существенному снижению эффективности выработки как электрической, так и тепловой энергии, и как следствие, всей системы энергоснабжения в целом. Именно развитие ТЭЦ может рассматриваться как антикризисная мера, обеспечивающая доступность энергоресурсов для всех потребителей, позволяющая доступными рыночными способами обеспечить антикризисное сдерживание роста тарифов на энергоресурсы как для промышленности, так и для населения.**

**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.*

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

- возникновение комплекса изменений расчетных условий функционирования энергетических систем и комплексов разного масштаба;
- перманентная угроза возникновения чрезвычайных ситуаций в различных энергетических системах и комплексах;
- 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<sup>1</sup> на промпредприятиях 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 категории в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации

---

<sup>1</sup> 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.



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 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: сокращение количества и степени опасности отходов, уменьшение выбросов в атмосферу или водные среды, общее повышение безотходности производства.

Таблица 1.1. Особенности предприятий I категории<sup>2</sup>

Отрасли	Подотрасли	Предприятия и параметры производственных комплексов
<b>1 группа (энергоемкие переделы добычи и переработки природных ископаемых)</b>		
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	Горнообогатительные производства.
	Добыча и подготовка руд цветных металлов	Обогащение алюминия (бокситов), 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.

<sup>2</sup> Приведены согласно 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»

Отрасли	Подотрасли	Предприятия и параметры производственных комплексов
Металлургия	Металлургическое производство различного профиля с использованием оборудования	<p>Производство чугуна или стали (первичной или вторичной плавки), включая установки непрерывной разливки (с производительностью 2,5 тонны в час и более).</p> <p>Обработка черных металлов с использованием станов горячей прокатки (с проектной производительностью 20 тонн нерафинированной стали в час и более).</p> <p>Нанесение защитных распыленных металлических покрытий (с подачей 2 тонн нерафинированной стали в час и более).</p> <p>Литейное производство черных металлов (с проектной производительностью 20 тонн в сутки и более).</p> <p>Производство цветных металлов из руды, концентратов или вторичного сырья (с помощью металлургических, химических или электролитических процессов).</p> <p>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).</p> <p>Производство ферросплавов.</p>
<b>2 группа (выработка и поставка (транспорт) потребителям тепловой и электрической энергии)</b>		
Энергетика	Обеспечение потребителей электрической энергией, газом и паром	Использование оборудования (с установленной электрической мощностью 250 МВт и более при потреблении в качестве основного твердого и (или) жидкого топлива или с установленной электрической мощностью 500 МВт и более при потреблении в качестве основного газообразного топлива).

Отрасли	Подотрасли	Предприятия и параметры производственных комплексов
<b>3 группа (химическое промышленность, производство стройматериалов)</b>		
	Производство неметаллической минеральной продукции	<p>Стекло и изделия из стекла, включая стекловолокно (с проектной производительностью 20 тонн в сутки и более).</p> <p>Огнеупорные керамические изделия и строительные керамические материалы (с проектной мощностью 1 млн. штук в год и более).</p> <p>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).</p> <p>Цементный клинкер во вращающихся печах или в других печах (с проектной мощностью 500 тонн в сутки и более).</p> <p>Известь (негашеная, гашеная) при наличии печей (с проектной мощностью 50 тонн в сутки и более).</p>
	Производство химических веществ и химических продуктов (органические)	<p>Простые углеводороды (линейные или циклические, насыщенные или ненасыщенные, алифатические или ароматические).</p> <p>Кислородсодержащие углеводороды - спирты, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, сложные эфиры, ацетаты, простые эфиры, пероксиды, эпоксидные смолы.</p> <p>Серосодержащие углеводороды. Азотсодержащие углеводороды - амиды, азотистые соединения, нитросоединения или нитратные соединения, нитрилы, цианаты, изоцианаты.</p> <p>Фосфорсодержащие углеводороды. Галогенированные углеводороды. Полимеры, химические синтетические волокна и нити на основе целлюлозы. Синтетический каучук. Синтетические красители и пигменты. Поверхностно-активные вещества</p>

Отрасли	Подотрасли	Предприятия и параметры производственных комплексов
	Производство химических веществ и химических продуктов (неорганические)	<p>Газы - аммиак, хлор или хлористый водород, фтор или фтористый водород, оксиды углерода, соединения серы, оксиды азота, диоксид серы, карбонилхлорид (фосген).</p> <p>Кислоты - хромовая кислота, фтористоводородная (плавиковая) кислота, фосфорная кислота, азотная кислота, соляная кислота, серная кислота, олеум, сернистая кислота.</p> <p>Основания - гидроксид аммония, гидроксид калия, гидроксид натрия.</p> <p>Соли - хлорид аммония, хлорат калия, карбонат калия, карбонат натрия, перборат, нитрат серебра.</p> <p>Неметаллы, оксиды металлов или другие неорганические соединения - карбид кальция, кремний, карбид кремния.</p> <p>Специальные неорганические химикаты - цианид натрия, цианид калия.</p> <p>Оксид магния (с проектной производительностью 50 тонн в сутки и более).</p>
	Производство пестицидов и иных агрохимических продуктов в части, касающейся производства минеральных удобрений	
	Производство фармацевтических субстанций	
Машиностроение и металлообработка	Обрабатывающее производство, на котором выполняются работы:	<p>Поверхностная обработка металлов и пластических материалов (с использованием электролитических или химических процессов в технологических ваннах суммарным объемом 30 куб. метров и более).</p> <p>Обработка поверхностей, предметов или продукции (с использованием органических растворителей, проектное потребление которых составляет 200 тонн в год и более).</p>

Отрасли	Подотрасли	Предприятия и параметры производственных комплексов
<b>4 группа (агропромышленное и сопутствующее производство)</b>		
	Производство пищевых продуктов	<p>Мясо и мясопродукты (с проектной производительностью 50 тонн готовой продукции в сутки и более).</p> <p>Растительные и животные масла и жиры (с проектной производительностью 75 тонн готовой продукции в сутки и более).</p> <p>Продукция из картофеля, фруктов и овощей (с проектной производительностью 300 тонн готовой продукции в сутки (среднеквартальный показатель) и более).</p> <p>Молочная продукция (с проектной мощностью 200 тонн перерабатываемого молока в сутки (среднегодовой показатель) и более).</p>
	Разведение сельскохозяйственной птицы	Проектная мощность 40 тыс. птицемест и более.
	Выращивание и разведению свиней	Проектная мощность 2000 мест и более, свиноматок (с проектной мощностью 750 мест и более).
	Переработка и консервированию 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 промывки, отбеливания, мерсеризации, окрашивания текстильных волокон и (или) отбеливания, окрашивания текстильной продукции (с проектной производительностью 10 тонн обработанного сырья в сутки и более).
	Производство целлюлозы и древесной массы	Целлюлозно-бумажные производства

Отрасли	Подотрасли	Предприятия и параметры производственных комплексов
	Производство бумаги и картона	Проектная производительностью 20 тонн в сутки и более.
<b>5 группа (отрасль сбора и переработки отходов)</b>		
	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).
	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 (рис. 1) произведено условное распределение выделенных групп предприятий в координатах «энергоёмкость» – «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. Условное распределение предприятий I категории по группам в координатах «энергоёмкости» - «воздействия на окружающую среду»**

В таблице 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 энергоёмкости отмеченных производств, а также некоторые ключевые направления – резервы повышения энергетической эффективности.



**Таблица 1.2. Ключевые особенности энерготехнологических установок предприятий и сопутствующие энергетические последствия их функционирования**

Блоки	Особенности процессов и установок	Технические и энергетические следствия
На уровне установок	Наличие разнообразных высокотемпературных энерготехнологических 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
	Значительное количество вторичных энергетических ресурсов различного типа и потенциала	Необходимость рекуперативного и регенеративного использования ВЭР
	Значительное количество различных по мощности приводов с разными режимами и графиками эксплуатации	Наличие резервов высвобождения мощности и объемов потребления энергии на приводы
На уровне предприятия в целом	Наличие и взаимодействие разнородных энергоресурсов и потоков (пар разного давления, горячая вода, сжатый воздух и др.).	Дублирование (перекрытие) некоторых функций разными энергопотоками

Блоки	Особенности процессов и установок	Технические и энергетические следствия
	Наличие собственных источников тепловой, электрической энергии, нерасчетные режимы их функционирования	Конкуренция собственных (в том числе на ВЭР) и внешних энергоисточников
	Распределенные теплоэнергетические системы на предприятиях, охватывающие собственные энергоисточники, энерго-технологические установки, сети и потребителей	Необходимость систем распределенного регулирования, оптимизации и управления энергопотоками
	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 табл.3.

**Таблица 1.3. Параметры потребляемых ресурсов и отходов предприятий I категории**

<b>«На входе»</b>	<b>«На выходе»</b>
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 потенциала энергоэффективности отраслей экономики по удельному расходу топливно-энергетических ресурсов с учетом возможных темпов внедрения наилучших доступных технологий<sup>3</sup>.

Результаты оценки приведены в табл. 4 а-д и рис. 2 а-д.

<sup>3</sup> Данные «Государственного доклада о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2014 году».

Таблица 1.4а. Потенциал энергосбережения в разрезе 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 <sup>3</sup> -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

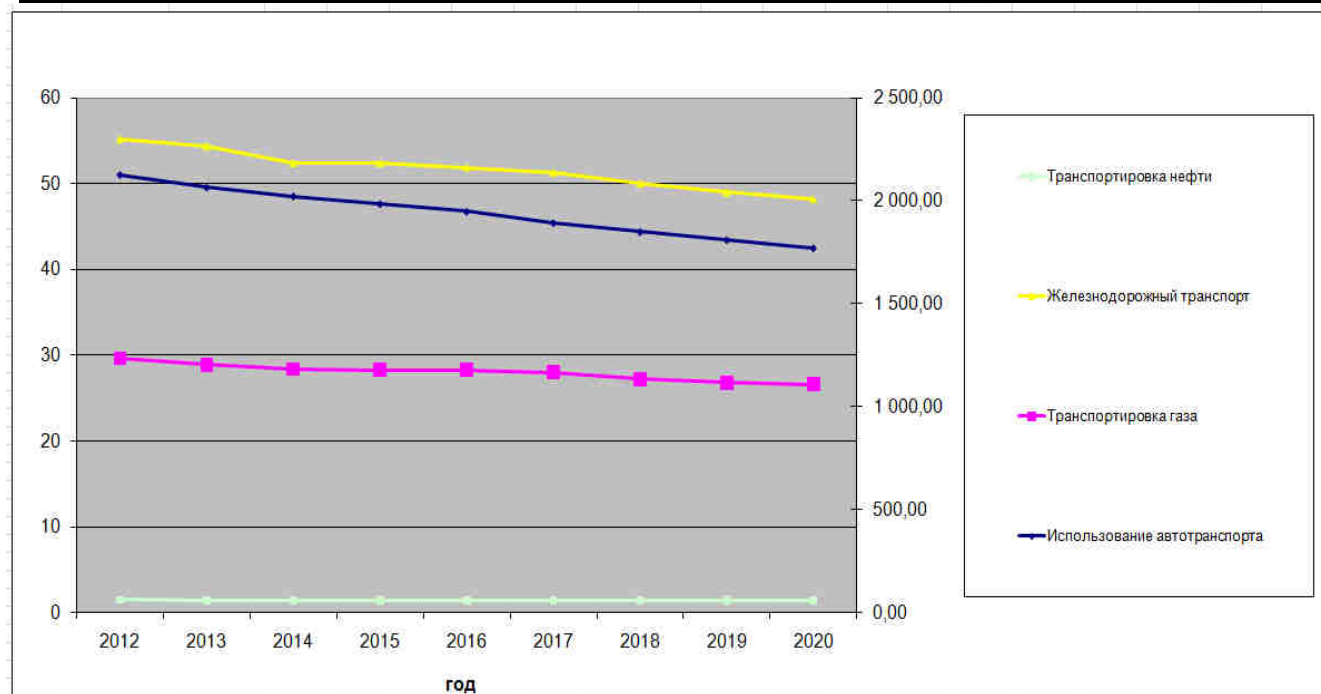


Рисунок 2.1а. Потенциал энергосбережения в разрезе отраслей экономики

Таблица 1.46. Потенциал энергосбережения в разрезе 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
Железная руда	кг.у.т./тонну	56.9	56.8	56.6	55.8	59	58.1	56.9	55.8	54.7

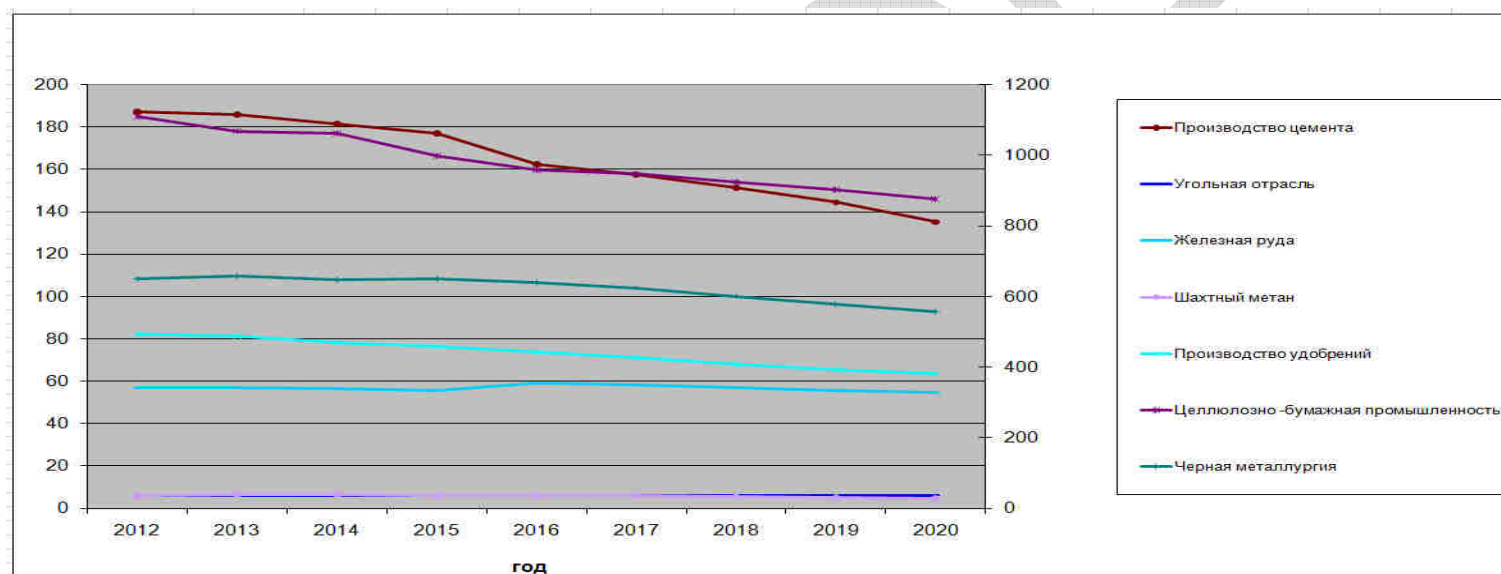


Рисунок 1.26. Потенциал энергосбережения в разрезе отраслей экономики

Таблица 1.4в. Потенциал энергосбережения в разрезе отраслей экономики

Отрасль	Единицы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Добыча газа	кг.у.т./1000 м <sup>3</sup>	9.1	9.1	9.2	9.1	9	8.8	8.2	7.7	7.2
Переработка газа	кг.у.т./1000 м <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup>	41.4	41	40.6	40.4	40.3	40.1	37.1	35.4	33.9
Шахтный метан	кг.у.т./1000 м <sup>3</sup>	5.9	6.4	6.3	6.2	6.1	6	5.4	5	4.6

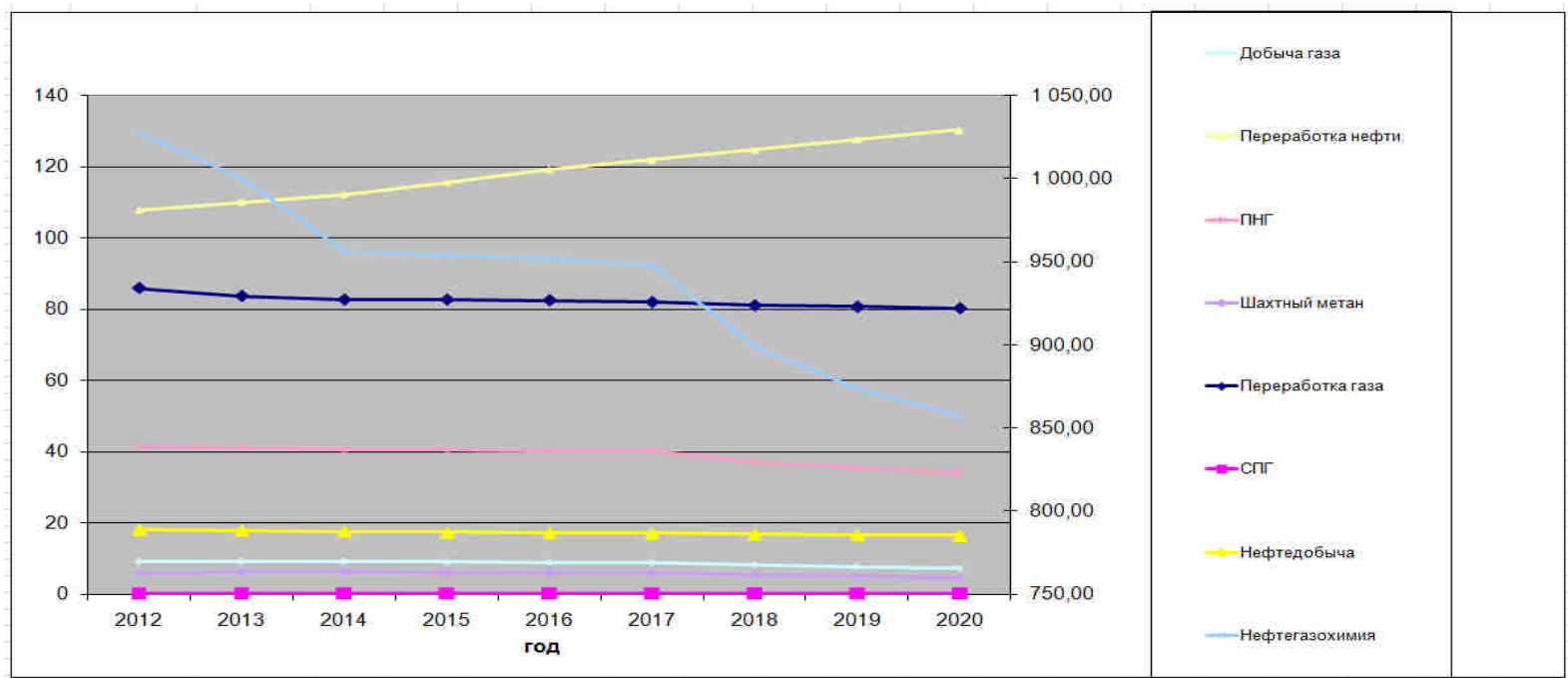


Рисунок 1.2в. Потенциал энергосбережения в разрезе отраслей экономики

Таблица 1.4г. Потенциал энергосбережения в разрезе отраслей экономики

Отрасль	Единицы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ЖКХ	кг.у.т./м <sup>2</sup>	37.7	36.8	35.9	35.5	35	34.5	33.7	33	32.3
Сфера услуг	кг.у.т./м <sup>2</sup>	30.7	29.7	28.8	27.9	28	28	27.1	26.5	26
Бюджетная сфера	кг.у.т./м <sup>2</sup>	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

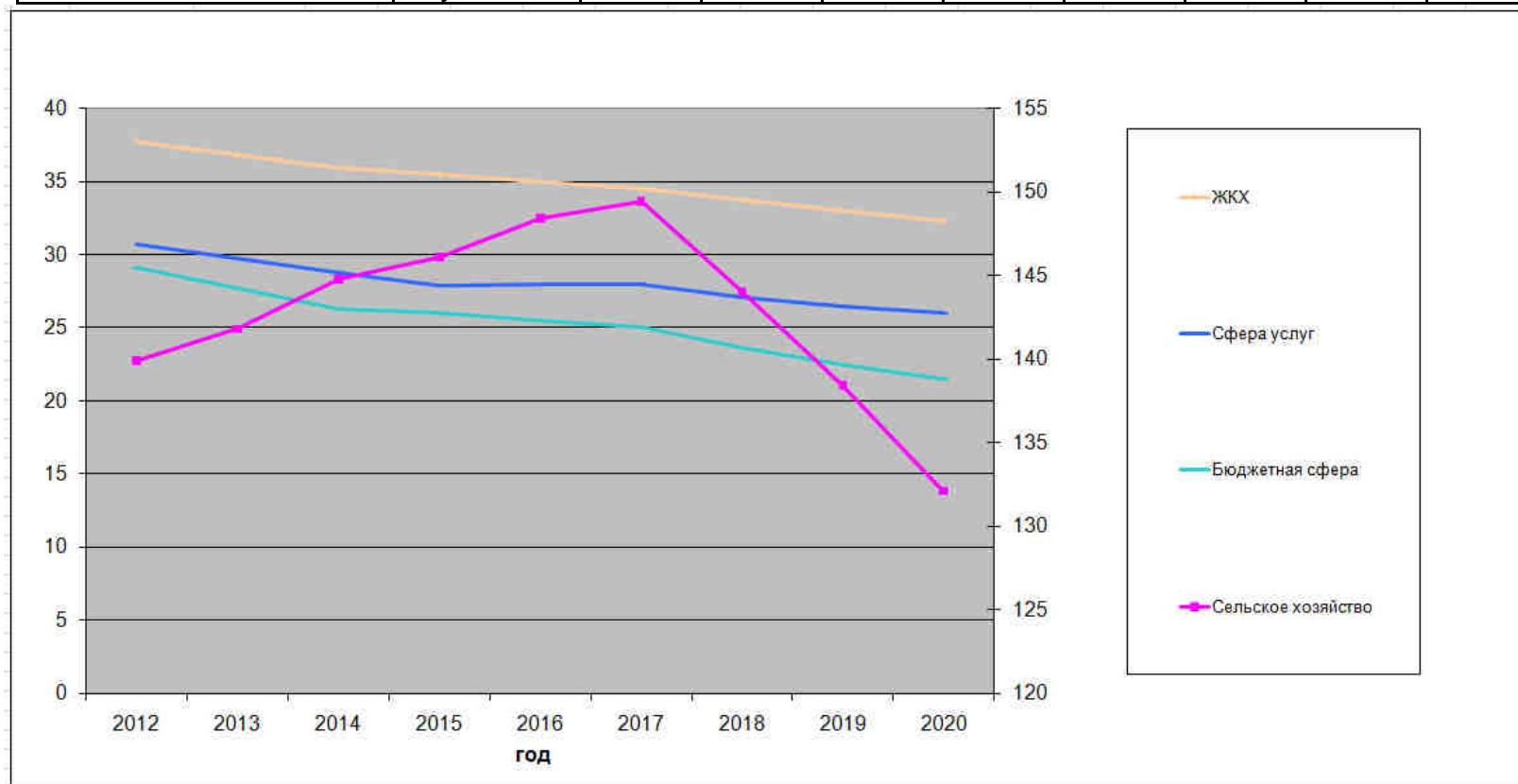


Рисунок 1.2г. Потенциал энергосбережения в разрезе отраслей экономики



Таблица 1.4д. Потенциал энергосбережения в разрезе 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 теплоты	гр.у.т./Гкал	158.2	158.1	157.5	156.6	155.7	154.8	153.7	152.2	150.5
Передача теплоты	гр.у.т./Гкал	22.2	21.8	21.4	21.1	20.9	20.6	20.1	19.5	19

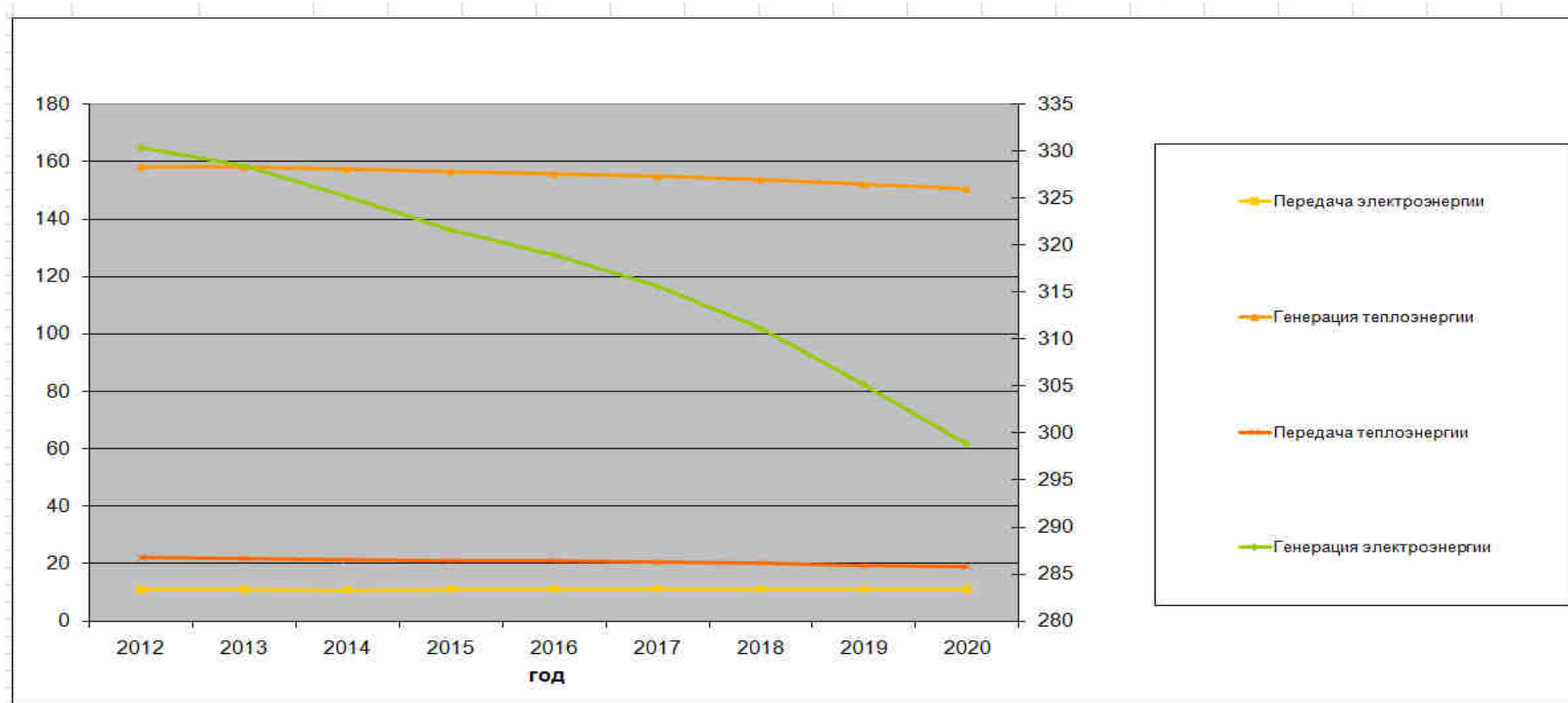


Рисунок 1.2д. Потенциал энергосбережения в разрезе отраслей экономики

На основе обработки данных 4500 предприятий проведена дифференциация по отраслям и видам деятельности по их технологической, энергетической и экологической эффективности, результаты приведены на рис. 3. Примерно 20% предприятий имеют показатели энергоресурсной эффективности выше средних, около 36% – средние и 43% – ниже средних.

#### Лидирующие отрасли:

- энергетика (сетевые компании),
- нефтепереработка

#### Отрасли «ядра» - среднего уровня:

- электроэнергетика,
- черная металлургия,
- машиностроение,
- химия,
- пищевая промышленность

#### Отрасли-аутсайдеры:

- цветная металлургия,
- нефтедобыча,
- угольная,
- газовая промышленность,
- сельхозпереработка,
- строительство,
- ЖКХ,
- транспорт



**Рисунок 1.3. Распределение отраслей по энергоресурсной эффективности<sup>4</sup>**

Также весьма консервативные оценки собственных резервов повышения энергетической эффективности дали сами предприятия<sup>5</sup>. Подавляющее большинство опрошенных предприятий оценили потенциал энергосбережения в среднем в пределах 8–10% по всем потребляемым ТЭР. Около 40% опрошенных

<sup>4</sup> Оценка на основе обработки базы данных 4500 предприятий

<http://interfax-era.ru/reitingi-predpriyatii/fundamentalnaya-effektivnost/sredneotraslevye-znacheniya>

<sup>5</sup> Данные специализированного масштабного опроса, проведенного с участием авторов по инициативе Министерства промышленности Российской Федерации в 2012–2013 годах.

руководителей считают, что потенциал сбережения электроэнергии и тепловой энергии составляет менее 5% потребления их предприятия.

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, энергетические паспорта нередко разрабатываются формально и не являются инструментом оценки перспектив повышения энергетической эффективности.

Серьёзным барьером для реализации мероприятий по энергосбережению в промышленности является сложность практического применения мер государственной поддержки. Более 45% опрошенных 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)<sup>6</sup>. Модернизация энергетического хозяйства проводится ориентировочно на 54% предприятий.

Большая часть энергосберегающих проектов, реализуемых в настоящее время – малозатратные и быстрокупаемые. 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% из предприятий, предоставивших сведения об уровнях затрат. Средний срок окупаемости мероприятий составляет 2,5 года. Более 50% реализуемых энергосберегающих

---

<sup>6</sup> Доклад Аналитического центра при Правительстве РФ "Приоритеты промышленной политики под углом зрения энергоэффективности и энергосбережения"

проектов имеют 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%).

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 требуют многократного увеличения затрат и, как следствие, приводят к росту цены для потребителя.

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 производств имеет высокую степень износа (70-80%), используются устаревшие (40-50 летней давности) технологии – низкопроизводительные и малоэффективные, в первую очередь, по показателям энергозатратности.

Уровень механизации и, в особенности, технологической автоматизации крайне низок, 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.

Ключевые показатели эффективности отечественных и европейских литейных производств представлены в Таблице 1.5.

ПРОЕКТ

**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 <sup>3</sup> на тонну годного литья	0,76	0,90	17,10	144,89
7. Производительность труда, человеко-часов/тонна годного литья	15,1	21,0	26,7	75,2

Энергопотребление является одним из наиболее важных показателей эффективности производства. Показатель «Расход энергии на производстве» 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 расхода энергии литейных производств РФ и ЕС**

«Расход энергии» кВт.ч/т годовых 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 в РФ являются:

- низкая эффективность работы оборудования (большие сроки эксплуатации, устаревшие технологии);
- длинные циклы плавки, термообработки;
- 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, к ключевым тенденциям в промышленном комплексе (I категории) Российской Федерации можно отнести:

- последовательное снижение энергоемкости большинства отраслей (кроме нефтедобычи) на фоне роста энерговооруженности;
- модернизация 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;
- тенденция отказа от централизованных систем теплоэнергоснабжения и строительства собственных энергоисточников;
- 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

Соответственно, 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 информационно-технический справочник по НДТ «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» 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 информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям [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 ИТС-48 в 2009-2012 гг.<sup>7</sup>

При подготовке справочника разработчики руководствовались широким пониманием термина наилучшие доступные технологии, закреплённым в частности, в ГОСТ Р 56828.15-2016. Наилучшие доступные технологии. Термины и определения [26]:

---

<sup>7</sup> В электронной форме русские версии Справочного документа по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности доступны на методическом сайте [www.ecoline.ru](http://www.ecoline.ru) и на официальном сайте Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации <http://www.mnr.gov.ru/activities/detail.php?ID=134003>.

«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 он-лайн инструментов, подготовленных в рамках Программы Energy Star, функционирующей в США и Канаде (<http://www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency/industry>) с 1992 г. и с недавнего времени действующей также в Европейском Союзе (<https://www.eu-energystar.org/>); 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:

«Исследование потенциала энергоэффективности и энергосбережения в промышленности и возможных механизмов политики» (Study on Energy Efficiency and Energy Saving Potential in Industry and on Possible Policy Mechanisms) [46].

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 рынок работ 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».

Рассмотрим особенность учёта критерия выбора НДТ, определённого как «наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду» (а), в контексте повышения энергоэффективности. Оценивая возможности применения тех или иных решений, описанных в ИТС «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности», следует учитывать возможное влияние рассматриваемых решений на показатели экологической результативности предприятия. Однако, если для вида деятельности (отрасли) в «вертикальном» ИТС 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 ОС, 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 ИТС-48: 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 большую 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.

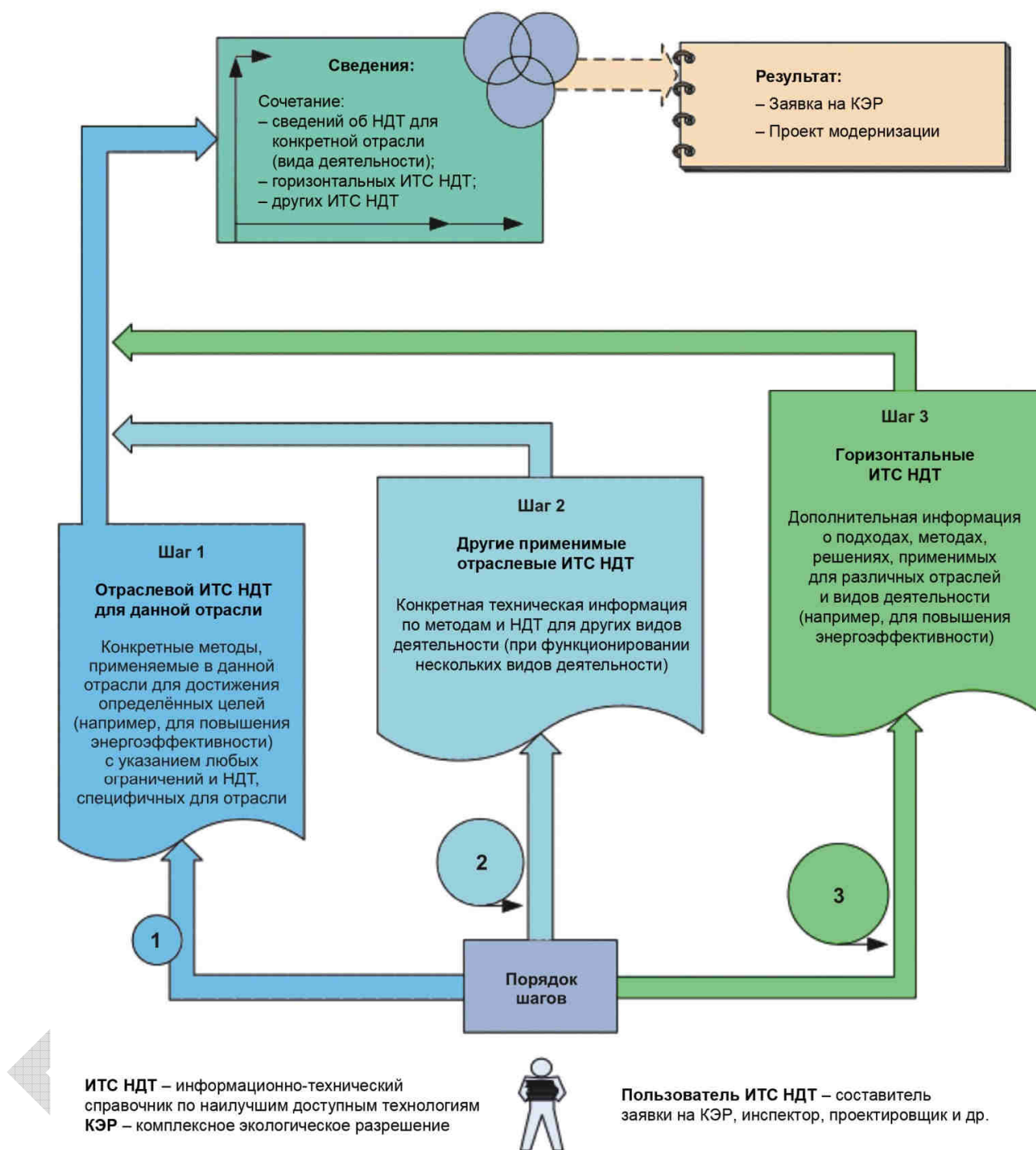
Российские и зарубежные эксперты считают, что инструменты энергетического менеджмента можно считать экономически эффективными при использовании в самых разных организациях, на предприятиях любых отраслей. При этом необходимо подчеркнуть, что речь идёт именно об инструментах и методах энергоменеджмента, 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 и в ИТС «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности», приведён на рис. 2.1 (по [24, стр. 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 энергоэффективности и экологической результативности производства.



**Рис. 2.1 – Порядок использования материалов отраслевых и «горизонтальных» справочников по наилучшим доступным технологиям**

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 уже 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 информационно-технических справочниках по НДТ. Так, в ИТС 5 «Производство стекла» к наилучшим доступным технологиям производства листового стекла отнесён флат-процесс (НДТ 6) [9, стр.68].

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 «Производство керамических изделий» НДТ 2 описана таким образом [8, стр.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).

В ИТС «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» 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.

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

Как отмечалось выше, 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 энерготехнологического комплекса 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 объектов и экономических систем вообще и энергоэффективности в частности – процесс непростой и, как правило, системный и многофакторный (табл.3.1).

Таблица 3.1– Методы и подходы выявления резервов энергосбережения

Существующие методы и подходы выявления резервов энергосбережения	Ключевые особенности традиционных методов выявления резервов	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 общеканальных 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, тк 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

<b>Существующие методы и подходы выявления резервов энергосбережения</b>	<b>Ключевые особенности традиционных методов выявления резервов</b>	<b>Недостатки существующих подходов</b>
Методология интенсивного (предельного) энергосбережения	Показывает максимальные резервы повышения энергетической эффективности всей системы	Требуется подробная статистика о прямых и косвенных расходах энергоресурсов на всех стадиях и переделах

ПРОЕКТ

В отличие от простых физических или термодинамических процессов с понятными критериями эффективности (к.п.д.), переход к более сложным объектам и системам (включающим в себя какие-либо экономические оценки) неизбежно несет в себе наличие неучтенных погрешностей или искажений. При этом разноплановость процессов, происходящих в различных энерготехнологических комплексах (ЭТК), наличие разнообразных по сути и своим формам резервов повышения энергетической эффективности (о чем шла речь выше) предопределяет необходимость обобщенного системного подхода, позволяющего выявлять разные типы резервов, видеть весь комплекс барьеров их дальнейшей реализации в разных секторах экономики.

Важной методической задачей становится выявление (иерархизация) резервов разного типа, поскольку нам важно увидеть всю палитру возможных решений повышения эффективности ЭТК и реализовать самые крупные, ключевые резервы. В этом случае надо уметь не только отличать эксплуатационные резервы от структурных в действующих системах и комплексах, но и видеть резервы в перспективных, проектируемых объектах, поскольку это может дать более существенные, радикальные эффекты снижения совокупной энергоемкости ЭТК.

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 (т.е. способы рациональной организации непосредственно теплотехнологических и энерготехнологических процессов), 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, мы вычленим два блока резервов повышения



эффективности: термодинамический и пространственный (включая эффекты масштабов).

К первой группе можно отнести все меры по максимальному использованию всего потенциала энергии: рекуперацию и регенерацию потоков, использование вторичных и побочных энергоресурсов, энерготехнологическое комбинирование. 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. Тем не менее, их необходимо выделить в отдельную группу.

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: теплоисточников, потребителей, сетевых устройств.

В термодинамической группе важным видом резерва повышения эффективности энерготехнологических систем и комплексов является 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.

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.

Если упомянутые типы резервов имеют тепловую (термодинамическую) природу, то 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, пороги роста энергоэффективности систем теплоэнергоснабжения городов с увеличением их размеров.

В самом общем виде резервы повышения энергетической эффективности различных энерготехнологических систем и комплексов показаны в таблице 3.2 и на рисунке 3.1. Приведенная краткая классификация резервов повышения эффективности использования энергии показывает нам 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.

**Таблица 3.2 Природа резервов повышения эффективности и методы их определения**

<b>Тип резервов</b>	<b>Природа резервов</b>	<b>Методы и модели определения</b>
Энерготехнологическое 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

Тип резервов	Природа резервов	Методы и модели определения
		(комбинированных) источников энергии
Работа агрегатов и систем в номинальных режимах	Выход за номинальные режимы приводит к резкому повышению эффективности	Сравнение параметров с номинальными, комплексные обследования ЭТК

Качественные различия учитываются уже на уровне разделения типов резервов по природе возникновения: возвращение системы в номинальные режимы функционирования (I типа), использование всего потенциала ТЭР (резервы II и III типа), реализация эффектов масштаба и оптимизации структуры (IV типа). Соответственно, выявление резервов I типа производится путем сравнения фактических данных с расчетными показателями, номинальными параметрами функционирования теплоэнергетических агрегатов, систем и комплексов.

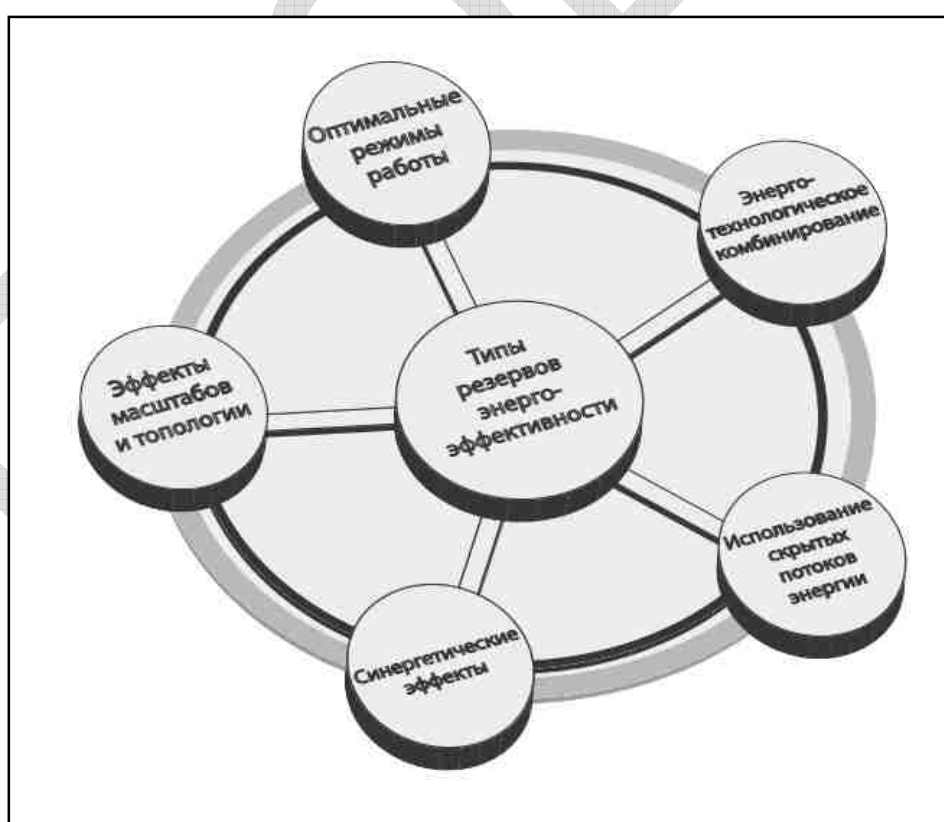


Рисунок 3.1 – Типы резервов повышения энергоэффективности

Резервы II типа выявляются в процессе составления и сопоставления энергетических (эксергетических) балансов агрегатов и установок (таблицы 3.2-3.3). 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.

Общие типы и параметры методик исследования для выбранных секторов приведены в таблице 3.3.

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 3.3 Типы и параметры методик исследования ЭТК**

<b>Методы, параметры и показатели</b>	<b>Сектор промышленных энерготехнологий</b>	<b>Системы теплоснабжения городов</b>
Методики анализа «снизу»	Энергетические и эксергетические балансы	Тепловые балансы элементов
Типологические методы синтеза «сверху»	Типологии энерго-технологий по уровню энергоемкости	Типологии по размеру, климату (ГСОП), централизации
Показатели энерго-вооруженности, эффективности	Энергетический и эксергетический к.п.д., к.и.т., удельные расходы топлива	Удельный расход топлива источников, потери в сетях, удельный расход тепла на отопление зданий
Какие типы резервов выявлены	Возможности энерго-технологического комбинирования, использование скрытой энергии	Возвращение в оптимальные режимы функционирования, эффекты масштаба и топологии

### Общие принципы выявления резервов энергосбережения:

- последовательное сочетание методов анализа и синтеза, т.е. взаимосвязанное и согласованное использование как частных (балансовых), так и общесистемных моделей исследуемых энергетических систем и комплексов;
- согласование статических и динамических параметров объектов;
- взаимосвязка расчетно-теоретических и эмпирических показателей и моделей.

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 энергоёмкость. С одной стороны, энергоёмкость продукции – это как бы фотография застывшей диссипации энергии в материале, результат завершённого теплотехнологического или энерготехнологического процесса.

И с этой точки зрения «плоская фотография» порой не даёт нам полного впечатления о ключевых резервах повышения эффективности диссипативных процессов, утилизации тепла или других вторичных энергоресурсов. С другой стороны, энергоёмкость более сложной системы, включающей в себя источники и потребителей энергии, вполне может стать объёмным, «голографическим» снимком, демонстрирующим самые разные стороны протекающих как в источниках, так и у потребителей, процессов.

Говоря более строгим языком, энергоёмкость — величина потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы.

Численным выражением энергоёмкости системы является показатель, представляющий собой отношение энергии, потребляемой системой, к величине,

характеризующей результат функционирования данной системы<sup>8</sup>. 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.

---

<sup>8</sup> [ГОСТ Р 51387-99](#). "Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения"

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 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1987	Вводится термин « <b>энергоемкость продукции</b> », но не дается ни определение, ни методика расчета.
2.	ГОСТ Р 51387-99 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000	Вводятся определения понятий: а) <b>полная энергоемкость продукции</b> : 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) <b>энергоемкость производства продукции</b> : величина потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы. Из определения <i>полной энергоемкости продукции</i> следует, что она приводится к первичному топливу (в определении <i>энергоемкости производства продукции</i> не оговорен пересчет на первичное топливо).
3.	ГОСТ Р 51750-2001. Энергосбережение. Методика	В этом ГОСТР 51750-2001 со ссылкой на определения, содержащиеся в ГОСТ Р 51387-99, используются термины « <b>полная энергоемкость продукции</b> » и

№	Определяющие НПА	Особенности указанных в НПА определений
	<p>определения энергоёмкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. Общие положения. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001</p>	<p><b>«технологическая энергоёмкость продукции»</b> (либо <b>«технологическая энергоёмкость производства продукции»</b>), хотя последний в ГОСТ Р 51387-99 отсутствует. Видимо, термин <b>«технологическая энергоёмкость продукции»</b> (либо <b>«технологическая энергоёмкость производства продукции»</b>) введен как синоним определенного в ГОСТ Р 51387-99 термина <b>«энергоёмкость производства продукции»</b>.</p>

ПРОЕКТ



Технологическая энергоемкость производства продукции включает 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 возможно 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).

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 впервые введен метод векторного, или дипольного энергоанализа.

Таблица 3.5 – Сопоставление методических подходов к расчету энергоемкости продукции

№	Концепции энергоанализа	Особенности определения энергоемкости
1.	Сквозной энергетический анализ	<p>Энергоемкость продукта представлено 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</p> $\text{ТТЧ} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_4. \quad (3.1)$ <p>Здесь <math>\mathcal{E}_1</math> – первичная энергия – химическая энергия топлива с учетом затрат на добычу, транспорт и др.; <math>\mathcal{E}_2</math> – производная энергия – энергоемкость производных энергоносителей (электроэнергия, пар, вода и т.д.); <math>\mathcal{E}_3</math> – скрытая энергия, израсходованная в предшествующих технологиях на сырьевые материалы, а также на оборудование, капитальные сооружения, инструмент, ремонт, внутризаводские перевозки и другие вспомогательные операции; <math>\mathcal{E}_4</math> – энергия вторичных ресурсов, в случае их полезного энергетического или технологического использования.</p>
2.	Комплексный энергетический анализ	<p>Авторами методологии комплексного энергетического анализа технических систем в качестве меры энергоемкости продукта используются кумулятивные затраты энергии/эксергии на процесс. Кумулятивные затраты энергии сопоставимы по величине с ТТЧ, но в общем случае не совпадают, расхождение объясняется использованием в комплексном энергетическом анализе полных энергетических балансов.</p>

№	Концепции энергоанализа	Особенности определения энергоемкости
3.	Концепция интенсивного энергосбережения	<p>В рамках методологии интенсивного энергосбережения рассматривается энергоемкость технологии производства продукта, кг.т./ (ед. продукта),</p> $\mathcal{E} = B_{\text{вид}} + B_{\text{преобр}} + B_{\text{экв}} + B_{\text{перех}} - B_{\text{зам}} - B_{\text{вторич}} \quad (3.2)$ <p><math>B_{\text{вид}}</math> – видимый удельный расход топлива, пересчитанный на первичное топливо (то же, что <math>\mathcal{E}_1</math>);</p> <p><math>B_{\text{преобр}}</math> – 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 <math>\mathcal{E}_2</math>;</p> <p><math>B_{\text{экв}}</math> – 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;</p> <p><math>B_{\text{перех}}</math> – удельный расход первичного переходящего топлива. Определяется по полным затратам энергии на производство и доставку сырьевых материалов и полупродуктов. Это часть величины скрытой энергии <math>\mathcal{E}_3</math>;</p> <p><math>B_{\text{зам}}</math> – удельный расход первичного замещаемого топлива. Определяется по экономии топлива в замещаемом объекте в результате производства в данной технологии дополнительной</p>

№	Концепции энергоанализа	Особенности определения энергоемкости
		<p>энергетической или технологической продукции, которая аналогична продукции, вырабатываемой в замещаемом объекте. То же, что <math>\dot{E}_4</math>, но за вычетом вторичного топлива;</p> <p><math>B_{\text{вторич}}</math> – удельный выход вторичного топлива. Это часть величины <math>\dot{E}_4</math>.</p>
4.	<p>Концепция векторного («дипольного») энергоанализа</p>	<p>Энергоемкость представлена в виде вектора в координатах N (электроемкость) - Q (тепло/топливостоемость), 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 топливостоемость могут быть объединены, так как является проявлением схожих процессов генерации тепловой энергии в процессе горения топлива или движения высокотемпературных потоков.</p>

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  $\mathcal{E}_3$  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  $\mathcal{E}$  [36];

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

Такой учет  $B_{\text{ЭКВ}}$  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  $I_{\text{min}}^*$  к фактическим  $I_{\text{затр}}$

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.

**Таблица 3.6 Различия агрегатов и системы оценок эффективности**

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

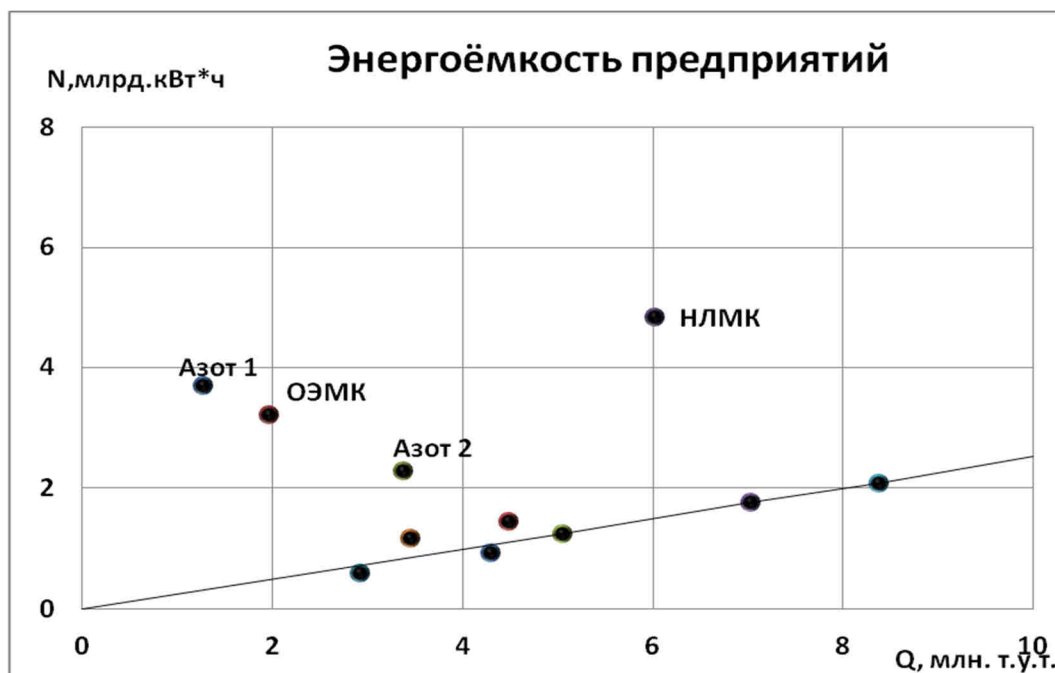
Переход от непосредственной технологической установки к энерготехнологическому агрегату требует введения в обиход уже не только видимого (прямого) расхода топлива, энергии, а соответствующих значений расходов топлива с учетом регенерации/рекуперации энергетических потоков. Показатели энергетической эффективности энерготехнологических агрегатов и систем приведены в таблице 3.7.

**Таблица 3.7 – Показатели эффективности и формулы для их определения**

Показатели эффективности	Формулы для определения
Видимый расход топлива, к.п.д. установки (системы*)	$B_{\text{вид}} = B_{\text{факт}} / G_{\text{прод}},$ $\eta = Q_{\text{полезн}} / Q_{\text{полн}}$
Удельный расход с учетом регенерации и утилизации вторичных энергоресурсов	$B^*_{\text{уд}} = (B_{\text{вид}} - B_{\text{рег}}) / G_{\text{прод}}$
Удельные отходы и выбросы на единицу продукции (топлива)	$w = W_{\text{полн}} / G_{\text{прод}}$ $w = W_{\text{полн}} / B_{\text{уд}}$
Удельные отходы и выбросы на единицу топлива с учетом регенерации	$w^* = W_{\text{полн}} / B^*_{\text{уд}}$
Удельные отходы и выбросы на единицу основной продукции с учетом вторичной продукции (пар, электроэнергия, холод)	$w^* = W_{\text{полн}} / (G_{\text{прод}} + D_{\text{вторичн}})$

Для дальнейшего перехода от анализа процессов и агрегатов к анализу систем необходимо обратиться к понятию полной векторной энергоемкости (по абсолютной величине, структуре и соотношенности источника и потребителей энергии). Тогда системное рассмотрение полной энергоемкости предполагает анализ теплового (топливного) и электрического потребления во взаимосвязке 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 энергоёмкости» объекта добавить «электрическую», то на такой диаграмме мы можем разместить основные сектора и элементы ЭТК разного вида и размера (рисунки 3.3, 3.4).



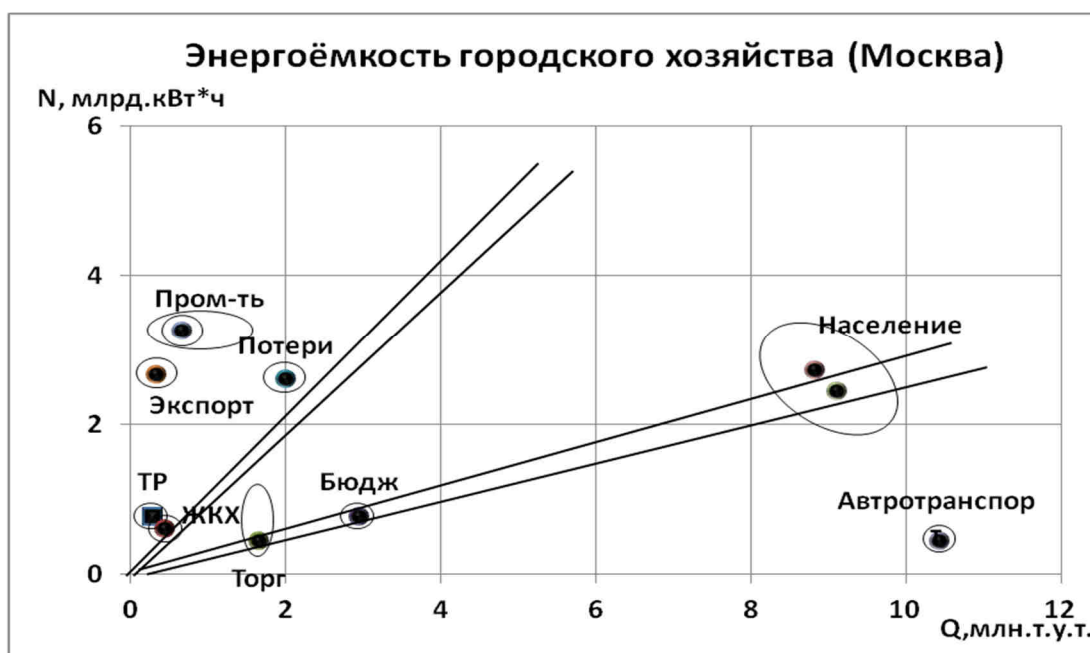
**Рисунок 3.3 – Представление отдельных предприятий в дипольной диаграмме энергоёмкости в координатах – тепло- (топливо) емкость и электроёмкость**

На рисунке 3.3 в координатах «тепло-(топливо)емкости» и «электроёмкости» наглядно представлены ряд крупных предприятий, на рисунке 3.4 – 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).

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). Естественно, суммарная энергоёмкость элемента на первый взгляд пропорциональна общей сумме компонентов.





**Рисунок 3.4 – Представление ряда секторов городского хозяйства в дипольной диаграмме в координатах – тепло- (топливо) ёмкость и электроёмкость**

Векторное представление энергоёмкости в подобных «дипольных» координатах даёт нам ряд существенных преимуществ:

- 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.

Такие типологические модели показывают нам не столько зависимости ряда функций и параметров от других значений, а демонстрируют устойчивое распределение сложившихся системных объектов, являются методологическим средством интеграции расчетно-теоретических моделей с выявленными фактическими данными о состоянии системных объектов и комплексов. При этом ключевым является определение устойчивых параметров, характеризующих целостность возникающих системных образований, выявление не прямых, а косвенных корреляционных зависимостей на основе выбранных типологических моделей и анализа фактических данных.

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.

В таблице 3.8 представлен алгоритм построения полных векторов энергоемкости для выявления ключевых резервов энергосбережения и повышения энергетической эффективности в энерготехнологических системах и комплексах.

**Таблица 3.8 – Алгоритм определения полной (векторной) энергоемкости ЭТК**

<b>Этапы</b>	<b>Наименование этапа</b>	<b>Содержание этапа</b>
1	Выявлению 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 тепло-технологических 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 (рис.3.3)
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) - рис.3.4
6	Учет потерь тепла и электроэнергии при	Добавление полей значений Q и N энергоемкости в дополнительных квадрантах (левый верхний и правый нижний) номограмм

Этапы	Наименование этапа	Содержание этапа
	транспорте и преобразовании	
7	Переход к полной энергоемкости системы на энергоисточниках	Уточнение полей полной энергоемкости фактических энергоисточников и сравнение с оптимальными (левый нижний квадрант)

ПРОЕКТ

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

### **4.1. Общие сведения**

Повышение энергоэффективности на сегодняшнем этапе является неременным 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 табл.4.1.

**Таблица 4.1.** Меры и направления реализации резервов энергоэффективности в разрезе отраслей экономики РФ<sup>9</sup>.

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
Черная металлургия	<p>Широкая модернизация предприятий отрасли, проведение работ по внедрению энергоэффективных технологических решений, а также введение новых производственных мощностей с оптимизированными энергозатратами, в частности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- модернизацией производственных мощностей на горно-обогатительных комбинатах, входящих в УК «Металлоинвест» ЦФО.</li> <li>- модернизация производственных мощностей в доменном производстве ОАО «Тулачермет», ПАО «НЛМК», ПАО «Северсталь», ОАО «Уральская сталь», ОАО «ЕВРАЗ НТМК», ОАО «ММК», ПАО «Мечел».</li> <li>- модернизация сталепрокатных мощностей на большинстве предприятий отрасли.</li> <li>- модернизация мощностей по производству стальных труб на большинстве предприятий отрасли. Практически полностью ликвидированы устаревшие энергозатратные, неэкологичные технологии поштучной горячей прокатки труб.</li> </ul>	<p>Снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов по всем переделам черной металлургии, в частности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- на производство товарной железной руды (включая обогащение и производство концентратов) за период с 2012 по 2015 гг. указанный показатель уменьшился на 2,4%.</li> <li>- на производство чугуна за период с 2012 по 2015 гг. указанный показатель уменьшился на 2,4%.</li> <li>- прокат готовых черных металлов за период с 2012 по 2015 гг. указанный показатель уменьшился на</li> </ul>

<sup>9</sup> По данным «Государственного доклада о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2015 году»

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
		<p>10,9%.</p> <p>- на производство стальных труб за период с 2012 по 2015 гг. совокупное снижение показателя составило 24,8%.</p> <p>Но вместе с тем 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.</p>
Производство строительных материалов	<p>За 10 лет, в течение которых в отрасль вложены значительные по размеру 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</p>	<p>Снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на производство цементных клинкеров (за период с 2012 по 2015 гг. показатель снизился на 10,5%).</p> <p>Доля цемента, произведенного по</p>

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Выведено из эксплуатации 95 технологических линий общей мощностью 17 млн тонн с наиболее высоким удельным расходом топлива и электроэнергии на производство клинкера и цемента.</p> <p>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.</p>	<p>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%.</p> <p>Снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на производство мелких стеновых блоков из ячеистого бетона (с 2014 по 2015 гг. показатель снизился на 22,8%).</p> <p>Но вместе с тем наблюдается увеличение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на производство портландцемента,</p>

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	<p>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.</p> <p>С целью повышения энергосбережения и энергоэффективности предприятий промышленности строительных материалов в 2015 году утверждены справочники по наилучшим доступным технологиям для таких видов деятельности в промышленности строительных материалов, как производство керамических изделий, производство стекла, производство цемента, производство извести.</p> <p>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</p>	<p>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%).</p>
Целлюлозно-	Наибольшие затраты энергии приходятся на крупнейшие	Удельный расход топливно-



Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
бумажная промышленность	<p>лесопромышленные предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, что обусловлено особенностями технологических процессов.</p> <p>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.</p> <p>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).</p>	<p>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%.</p> <p>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</p>

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
		0,308 т.у.т./тонн соответственно).
Производство минеральных удобрений	<p>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.</p> <p>В частности, по итогам реализации Программы энергосбережения ПАО «Уралкалий» в 2015 году удалось снизить потребление электроэнергии на 102000 МВт*ч, топлива на 8345 т.у.т и воды на 961 тыс.м<sup>3</sup>.</p> <p>На всех предприятиях, в управлении которых участвует Минпромторг России, в директивном порядке внедряются практики бережливого производства.</p>	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	Показатели удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на добычу нефти и газа имеют тенденцию к повышению в большинстве

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	<p>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%.</p> <p>В газовой промышленности Минэнерго России использует меры налогового стимулирования утилизации попутного нефтяного газа (далее - ПНГ).</p>	<p>федеральных округов Российской Федерации.</p> <p>Целевые показатели направлены в первую очередь на сдерживание темпов роста удельных расходов в натуральном выражении.</p> <p>В 2015 году коэффициент полезного использования ПНГ вырос до 88,2% (+2,7% к уровню 2014 года).</p>
Переработка нефти	<p>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.</p> <p>Ввод новых усовершенствованных установок с применением двух- и трехстадийных процессов на Новокуйбышевском НПЗ, Куйбышевском НПЗ, Московском НПЗ, Рязанском НПЗ, Саратовском НПЗ, ОАО «Орскнефтеоргсинтез», Астраханском ГПЗ.</p> <p>Мощности по каталитическому риформингу введены на ОАО «Орскнефтеоргсинтез», Новокуйбышевском НПЗ, Ангарском НПЗ, Комсомольском НПЗ, Хабаровском НПЗ, Куйбышевском НПЗ,</p>	<p>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 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</p>

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	<p>Сызранском НПЗ.</p> <p>Мощности по гидроочистке введены на Антипинском НПЗ, Волгоградском НПЗ, Омском НПЗ, ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», Киришском НПЗ.</p> <p>Минэнерго России использует соглашения модернизации НПЗ для стимулирования перехода на производство топлива повышенных экологических классов.</p>	<p>т.у.т./тонн (на 26,2%).</p> <p>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%).</p> <p>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 - г. не наблюдалось существенных вводов указанных мощностей, как и роста удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на</p>

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
		производство соответствующей продукции.
Транспортировка нефти	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимизация технологического процесса перекачки нефти (оптимизация технологических режимов, замена насосного оборудования);</li> <li>- энергосбережение в электрооборудовании (замена электродвигателей привода насосных агрегатов);</li> <li>- энергосбережение в системах теплоснабжения (оптимизация режимов теплоснабжения, применение современных теплоизоляционных материалов);</li> <li>- энергосбережение при выработке тепловой энергии (модернизация котельного оборудования);</li> </ul>	Динамика удельных показателей потребления энергетических ресурсов в области транспортировки нефти имеет тенденцию к снижению во всех федеральных округах Российской Федерации.

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- развитие ИТ-систем диспетчеризации, моделирования потоков и экономического моделирования сценариев развития транспортной сети, использование частотно-регулируемых приводов;</li> <li>- оптимизация вспомогательной логистической инфраструктуры: процессов хранения, автотранспортной деятельности</li> </ul>	
<p>Генерация электрической и тепловой энергии</p>	<p>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%).</p> <p>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).</p>	<p>Экономия топлива за счёт ввода новых 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.</p> <p>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</p>

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	<p>Проводимый Минэнерго России мониторинг свидетельствует о наметившихся негативных тенденциях к прекращению развития централизованного теплоснабжения, снижение доли выработки тепловой энергии в режиме комбинированной выработки.</p> <p>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.</p> <p>Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 321 утверждена госпрограмма «Энергоэффективность и развитие энергетики».</p> <p>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.</p> <p>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 июня 2015</p>	<p>технико-экономических показателей.</p>

Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	г. № 600, в соответствии с которым предоставляются льготы в рамках налогового законодательства.	
Передача электроэнергии	<p>Распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2013 г. № 511-р утверждена Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации.</p> <p>В части территориальных распределительных сетей реализуются следующие меры, направленные на снижение доли потерь электроэнергии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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 анализа потерь электроэнергии по группам территориальных сетевых организаций на каждом уровне напряжения.</li> </ul> <p>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</p>	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%.



Отрасли	Меры и возможные резервы	Результаты
	<p>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.</p> <p>- 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.</p> <p>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.</p>	

<b>Отрасли</b>	<b>Меры и возможные резервы</b>	<b>Результаты</b>
	Осуществляется нормирование потерь электроэнергии при передаче в распределительных сетях через механизм бенчмаркинга.	

ПРОЕКТ

Как видно из табл. 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 оценке резервов повышения энергоэффективности в отраслях промышленности за счет реализации различных технологических решений представлена в таблице 4.2. Данные представлены справочно, в статусе «экспертная оценка, в среднем, по отрасли». Мероприятия в таблице приведены с разбивкой по видам резервов, обозначенным в предыдущем разделе справочника. После таблицы примеры приведены более подробно.

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.** Оценка резервов повышения энергоэффективности в отраслях промышленности за счет реализации технологических решений

Отрасли (подотрасли, производства)	Организационные меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические приемы	Использование отходов	Модернизация технологии
Металлургия (добыча обогащение, агломерация, производство окатышей, кокса, производство чугуна, стального проката)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Внедрение систем автоматизации на печах с горячим дутьем.</li> <li>• Автоматизированные системы контроля и управления технологическими процессами, мониторинга, целеполагания</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии вдувания пылеугольного топлива в доменных печах.</li> <li>• Технология предварительного нагрева вторичного воздуха с повышением объемов использования кислорода.</li> <li>• Предварительный нагрев сталеразливочных ковшей.</li> <li>• Технологии утилизации вторичной</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Использование металлургических газов (доменный, коксовый, конверторный) для снижения расхода природного газа.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение кислородно-конвертерных печей.</li> <li>• Технологии непрерывного литья с получением заданных профилей.</li> <li>• Применение энергоэффективных двигателей для горячей прокатки.</li> <li>• Технологии сухого тушения кокса.</li> <li>• Применение газовых утилизирующих безкомпрессорных турбин.</li> </ul>

Отрасли (подотрасли, производства)	Организационные меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические приемы	Использование отходов	Модернизация технологии
		<p>теплоты, доменного газа.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение рекуперативных горелок.</li> <li>• Горячая загрузка и теплоизоляция печей для горячей прокатки.</li> </ul>		
Целлюлозно-бумажная	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Инфракрасное регулирование профиля.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение технологий утилизации теплоты при термомеханической обработке целлюлозы.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технология газификации черного щелока и других органических отходов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Модификация аппаратов для размола периодического действия.</li> <li>• Применение аппаратов для размола периодического действия.</li> <li>• Технология прессования с удлиненной зоной.</li> <li>• Технология формирования бумажного полотна из бумажной массы высокой</li> </ul>

Отрасли (подотрасли, производства)	Организационные меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические приемы	Использование отходов	Модернизация технологии
				<p>концентрации.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение двухсеточных бумагоделательных машин.</li> <li>• Применение технологии сухого формования.</li> </ul>
Производство минеральных удобрений		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение технологии первичного реформинга с газовым подогревом</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение технологий производства карбамида в аппаратах IV поколения радиальные колонны синтеза аммиака). Применение технологий предреформинга.</li> </ul>
Угольная промышленность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение технологии оптимальных комбинаций выемки угля.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Внедрение технологии подземной газификации угля.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Утилизация шахтного метана (ШМ) путем создания системы сбора и транспорта ШМ до ЕСГ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение технологий (создание производств) глубокой переработки угля.</li> </ul>

Отрасли (подотрасли, производства)	Организационные меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические приемы	Использование отходов	Модернизация технологии
Добыча, первичная переработка и транспортировка нефти и газа	<ul style="list-style-type: none"> <li>Технологии автоматизированного управления процессами транспортировки нефти и газа. Технологии автоматизированного расчета оптимальных режимов перекачки нефти и газа.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Создание локальных систем энергоснабжения на месторождениях. Применение технологий утилизации теплоты технологических потоков при переработке газа.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Повышение качества внутренней поверхности магистральных и распределительных трубопроводов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Применение технологий производства жидких продуктов газохимии в районах добычи газа.</li> <li>Переход к технологиям использования непромышленных газов (азот, дымовые газы и др.) в качестве буферных объемов при подземном хранении газа.</li> <li>Переход к использованию резервуаров «с плавающей крышей».</li> <li>Применение объемных насосов для поддержания пластового давления на участках месторождений с низкопроницаемыми</li> </ul>

Отрасли (подотрасли, производства)	Организационные меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические приемы	Использование отходов	Модернизация технологии
				<p>коллекторами.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Переход к использованию поршневых компрессоров.</li> </ul>
Энергетика	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии автоматизированного и автоматического управления распределенными сетями и источниками генерации (smart metering, smart grids).</li> <li>• Технологии систем кибербезопасности на объектах генерации и в сетях.</li> <li>• Технологии цифровых ПС, кабельных линий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Парогазовые и газотурбинные технологии.</li> <li>• Паросиловые технологии.</li> <li>• Технологии энергоэффективного освещения.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии возобновляемой энергетики.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии малой, локальной и распределенной энергетики.</li> <li>• Технологии частотно-регулируемого привода на механизмах собственных нужд тяго-дутьевой группы, питательных и сетевых насосах.</li> </ul>



Отрасли (подотрасли, производства)	Организационные меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические приемы	Использование отходов	Модернизация технологии
	высокой проводимости, эксплуатационной оптимизации топологии сетей.			
Сельское хозяйство		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии малой тепло- и электрогенерации с использованием биогаза.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии гранулирования органических удобрений из отходов животноводства.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии энергосберегающего земледелия с применением колесной широкозахватной техники, комбинированных агрегатов, дискаторов, стерневых сеялок.</li> <li>• Технологии «нулевой» обработки почв.</li> <li>• Технологии капельного орошения.</li> </ul>
Цветная металлургия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии радиометрической</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии автогенных процессов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии использования вторичных</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технология предварительного обогащения</li> </ul>

Отрасли (подотрасли, производства)	Организационные меры, информационные технологии, автоматизация	Термодинамические приемы	Использование отходов	Модернизация технологии
	сортировки руд.	<p>при переработке сульфидных руд :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- плавка в жидкой ванне;</li> <li>- взвешенная плавка;</li> <li>- кислородно-факельная плавка;</li> <li>- кислородно-взвешенная циклонно-электротермическая плавка.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии в печах «кипящего слоя».</li> </ul>	цветных металлов.	<p>полиметаллических руд в тяжелых средах.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Добыча руды с применением циклично-поточной технологии.</li> </ul>

## 4.2. Автоматизация

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 коммерческого 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.

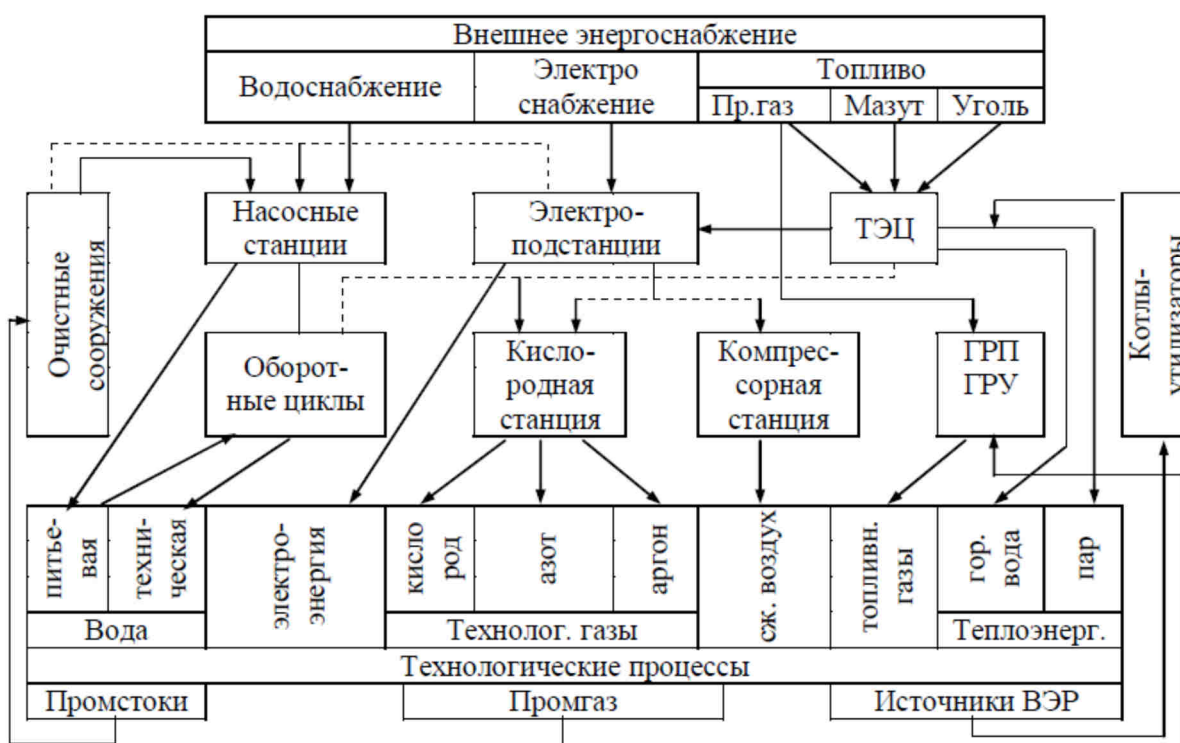


Рис. 4.1. Структура энергоснабжения промышленного предприятия

Обобщенная структура энергоснабжения промышленного предприятия приведена на рис. 1. 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 (АСУЭ).

Система диспетчерского управления энергохозяйством в рамках АСУЭ 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.

*Кейс № 1. Магнитогорский металлургический комбинат оптимизировал расход сырья на базе технологии Big Data*

IT-специалисты провели анализ информации, накопленной за предыдущие годы работы в кислородно-конвертерном цехе (ККЦ). На базе информации корпоративного хранилища, на платформе Apache Hadoop, 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, разработанный специально для Магнитки, прошел приемочные испытания в кислородно-конвертерном цехе (ККЦ) 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.

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.

#### **4.3. Термодинамические приемы**

##### *Оптимизация и управление 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 бензопирена 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%.

*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 подсосывание холодного воздуха и понижение температуры агломерационного газа. Увеличение объема 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 объем 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.

### **Утилизация 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 4.4.

**Таблица 4.4.** Возможные источники теплоты в промышленности и их использование: газы, тепло материалов и отходов

<b>Вид производства</b>	<b>Тепловой процесс</b>	<b>Тепловые отходы и материалы</b>
<b>Металлургия</b>		
Коксохимия	Нагрев шихты	Коксовый газ

<b>Вид производства</b>	<b>Тепловой процесс</b>	<b>Тепловые отходы и материалы</b>
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
<b>Сталеплавильное производство, в т.ч.:</b>		
- 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
<b>Машиностроение</b>		
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
<b>Энергетика</b>		
Получение пара	Нагрев котлов, подготовка воды, нагрев воздуха, перегрев пара	Отходящие газы, зола топлива
Получение энергии	-	Использование пара различного давления и



Вид производства	Тепловой процесс	Тепловые отходы и материалы
		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 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 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 разлива металла. Компрессорные установки являются дополнительным источником тепловых потерь.

В общем, тепловые потери образуются:

1. В контурах компрессорных установок.
2. При охлаждении литья водой
3. При отводе газов от промышленных установок
4. От горячих поверхностей печей и литейных установок
5. При контроле за технологическими операциями
6. От горячих стенок миксера и другого вспомогательного оборудования
7. В процессе разлива металла
8. При изготовлении вспомогательных материалов
9. С потерей энергии шлаками, шламами, сточными водами

На заводе, производящем 260 000 т алюминия в год при расходе электроэнергии 13 МВт-ч на тонну алюминия, общий поток дымовых газов содержит 770 тыс. МВт-ч тепловой энергии или 88 МВт-ч или 3 МВт на тонну алюминия, т.е. около 23% от общих 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. Эта цифра составит 350 тыс. МВт-ч в год.

Тепловые потоки от горячих поверхностей металлургического оборудования так же представляют определенный интерес. Тепловые потери здесь составляют 3 МВт на одну тонну производимого алюминия в год. Это тепло рассеивается в помещении или в атмосфере.

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, рампы особой конструкции, можно получить дополнительно 2 МВт тепла.

В общем, литейные установки теряют значительное тепло. Такое тепло при работе 10 установок в течении 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.

Т.о. на описываемом гипотетическом заводе при использовании тепловых потоков можно генерировать 10 МВт энергии.

На промышленных предприятиях дополнительное утилизируемое тепло можно направлять на подогрев шихты; воздуха, газа, идущих на горение; воды для технологических нужд и т.д., для чего нужно разработать комплексную схему учета всех тепловых отходов.

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 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 4.5.

**Таблица 4.5.** Промышленные источники тепловой энергии

Источники	Температура, °С
<b>Низкотемпературные источники тепла</b>	
Паровая конденсация	70-100
Водоохлаждаемые системы:	
– печные заслонки	50-70
– воздушные компрессоры	45-100
– насосы	45-65
– воздушные кондиционеры и холодильники	50-60
Процессы затвердевания	50-250
Процессы ожигения	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
<b>Среднетемпературные источники тепла</b>	
Бойлер	250-500
Газотурбинная установка	400-600

<b>Источники</b>	<b>Температура, °С</b>
Термическая печь	400-660
Сушильная печь	250-600
Печь для получения катализаторов	440-600
<b>Высокотемпературные источники тепла</b>	
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 видно из перечисленных источников тепла в промышленности имеется огромный энергетический потенциал. Он может служить источником энергии 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.

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 серокислотного 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 мартеновской печи 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 отраслях промышленности приведены в таблице 4.6.

**Таблица 4.6** . Источники выделения пара и возможного использования в различных технологиях, в т.ч. пароиспарительное охлаждение

Конечный продукт	Химическая формула	Выделение и использование
Сода	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Разложение $\text{NaHCO}_3$ при температуре $175^\circ\text{C}$ , сушка
Аммиачная селитра	$\text{NH}_4\text{NO}_3$ (экзотермическая)	Подогрев $\text{NO}_3$ до $50^\circ\text{C}$ , выпарка при $150^\circ\text{C}$ , охлаждение раствора

Конечный продукт	Химическая формула	Выделение и использование
	реакция) с участием NH <sub>3</sub>	
Сульфат аммония	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (экзотермическая реакция)	Вакуумная выпарка, сушка
Фосфаты: натрия и другие	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Нагрев смеси, вакуумная кристаллизация, сушка
Цианистый водород	HCN с участием NH <sub>3</sub>	Получение вторичных энергоресурсов
Акронитрил	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> N с участием NH <sub>3</sub>	Сушка, температура основного процесса 400°C
Хлористый аммоний	NH <sub>4</sub> Cl	Температура процесса 100°C, вакуумная кристаллизация, сушка
Хлористый калий	KCl	Подогрев раствора до 100°C, вакуумная кристаллизация, сушка
Уреа (мочевина)	-	Температура процесса 190°C в автоклаве, кристаллизация
Фтористая кислота	HF	Пар на технические нужды
Каустическая сода	NaOH с участием Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Процесс испарения
Сульфат натрия	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	По одному из вариантов технологии кристаллизация, сушка
Хромат и дихромат соды	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Кристаллизация, сушка
Сульфат натрия	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Нагрев автоклава, кристаллизация, сушка
Уксусный ангидрид	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	Нагрев реактора, выпаривание, конденсация
Сульфат алюминия	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Температура процесса 105°C, процесс испарения
Карбонат бария	BaCO <sub>3</sub>	Кристаллизация, сушка
Борная кислота	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Подогрев компонентов, вакуумная кристаллизация
Сероводород	H <sub>2</sub> S	Получение парообразных веществ при сжигании
Водород	H <sub>2</sub>	Пар для проведения процесса
Хлористый натрий	NaCl	Процесс выпарки
Соли брома	KBr	Прокаливание, упаривание
Бромистый аммоний	NH <sub>4</sub> Br	Упаривание, охлаждение

Конечный продукт	Химическая формула	Выделение и использование
Соли йода	KJ	Пар на отопление агрегата, выпаривание
Соли магния		В зависимости от варианта технологии: Нагрев, прокаливание отжиг
Соли бария: карбонат натрия	NaBO <sub>3</sub>	Кристаллизация, сушка
Пиросульфат натрия	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Нагрев паром, выпарка
Тиосульфат натрия	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Сульфат аммония	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Выпарка в вакууме
Плавиковая кислота	H <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	Нагрев, вакуумирование, сушка
Арсенат кальция	Ca(AsO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Нагрев до 50°C, сушка
Арсенат натрия	Na <sub>2</sub> HAsO <sub>3</sub> Na <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	Нагрев, упаривание, сушка
Оксид мышьяка	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Подогрев, вакуумирование, фильтрация, сушка
Мышьяковая кислота	H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	Подогрев, вакуумирование, фильтрация, сушка
Гидрат кальция	Ca(OH) <sub>2</sub>	Нагрев
Цианистый натрий	NaCN	Нагрев, кристаллизация, сушка
Трисоциум фосфат	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Нагрев компонентов, подогрев, смешение
Триэтилфосфат	[C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ] <sub>3</sub> P=O	Подогрев
Сульфат алюминия	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Подогрев, испарение
Анилин	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	Нагрев автоклава
Бутил ацетат	CH <sub>3</sub> COOC <sub>4</sub>	Нагрев реактора паром T = 90 °C

Например, в РФ по статистике лишь 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). Однако на российских МК этот пар фактически не используется для выработки электроэнергии на теплоутилизационных электростанциях в связи с низкими параметрами (4 МПа, 440 °C). В РФ только на ПАО «Северсталь» 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 410-5400С и 3,8-11,5 МПа позволяет вырабатывать от 18 до 30 МВт электрической мощности.

Еще 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 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<sup>3</sup> 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 4.7-4.9 показаны потери тепла в печах с охлаждающей водой и потенциал энергосбережения при их утилизации.

**Таблица 4.7.** 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	%
Крупносортовых 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 4.8.** Потери тепла с охлаждаемой водой

Емкость печей, т	Производительность печи, т/час	Потери тепла с охлаждающей водой на 1 т металла, мг.ккал/ч		Потери тепла, %	
		на печь	на элемент, переведенный на пароиспарительное охлаждение	на печь	на элемент, переведенный на пароиспарительное охлаждение
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 4.9.** 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		
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 4.10. Энергоэффективные объекты и технологии**

<p><b>Энергоэффективные объекты и технологии</b></p>	<p><b>Качественная характеристика объекта, обуславливающая его высокую энергетическую эффективность</b></p>
<p>Блок воздухонагревателей доменной печи</p>	<p>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)</p>
<p>Установка для вдувания пылеугольного топлива в доменные печи.</p>	<p>снижение энергетических затрат при производстве чугуна в доменных печах за счет их оснащения системой вдувания пылеугольного топлива (ПУТ). Применение установки вдувания ПУТ позволяет значительно снизить расход кокса и природного газа, частично заменив их энергетическим углем, расхлд которого достигает 150 – 200 кг/т чугуна.</p>
<p>Установки для производства водорода методом каталитического риформинга природного газа</p>	<p>существенно более эффективный способ производства водорода, паровой каталитический риформинг природного газа, отличается низкими удельными энергозатратами – до 4-х раз меньше, чем при применении классического способа производства водорода методом электролиза воды</p>
<p>Установка сухого тушения кокса</p>	<p>эффективная утилизация технологического тепла раскаленного кокса для выработки пара, с последующим его использованием на технологические нужды или для производства электроэнергии</p>
<p>Установка для утилизации тепла раскаленного доменного и конвертерного шлака, отходящих дымовых газов, топливных газов или вторичного пара</p>	<p>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</p>

<b>Энергоэффективные объекты и технологии</b>	<b>Качественная характеристика объекта, обуславливающая его высокую энергетическую эффективность</b>
<p>Установки, предназначенные для утилизации тепла отходящих газов электросталеплавильных печей</p>	<p>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)</p>
<p>Установка для утилизации отходящего тепла агломерационных машин и охладителей агломерата</p>	<p>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</p>
<p>Установка по сбору, хранению и транспортировке конвертерного газа</p>	<p>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</p>
<p>Установка утилизации тепла отходящих газов печей производства ферросплавов</p>	<p>утилизация тепла дымовых газов печей производства ферросплавов с выработкой тепловой энергии</p>
<p>Установки колпаковых печей термообработки проката трансформаторных и углеродистых марок стали в водородной и азото- водородной атмосфере</p>	<p>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</p>
<p>Установки для производства извести и доломита с подогревом</p>	<p>утилизация тепла дымовых газов печей производства извести, доломита для подогрева исходного сырья и снижения расхода топлива на производство продукции</p>

Энергоэффективные объекты и технологии	Качественная характеристика объекта, обуславливающая его высокую энергетическую эффективность
сырья отходящими дымовыми газами	
Обжиговая машина конвейерного типа для обжига сырых железорудных окатышей.	Производство железорудных окатышей, являющихся сырьевым материалом для производства чугуна в доменной печи с расходом газообразного топлива не более 11 кг/т.
Печи нагревательные и термические	<p>Высокие показатели энергоэффективности обеспечиваются следующими конструктивными особенностями современных нагревательных печей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применением современных горелочных устройств;</li> <li>- применением систем автоматизации;</li> <li>- использованием высокоэффективных изолирующих материалов футеровки;</li> <li>- сокращением длительности нагрева заготовок;</li> <li>- нагревом воздуха горения до 500 оС в рекуператоре;</li> <li>- оптимальным распределением тепловой мощности печи по зонам при нагреве металла;</li> <li>- обеспечением высокой газоплотности печи;</li> <li>- снижением угара металла до 0,7%;</li> <li>- обеспечением равномерного нагрева слябов по толщине и ширине.</li> </ul> <p>Удельный расход газообразного топлива на нагрев заготовки не более 55 кг/т.</p>

*Кейс № 2 «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

*Кейс № 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

*Низкопотенциальные источники энергии*

Низкопотенциальные источники 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 обратные 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 не утилизируется.

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, разделении смесей в нефтехимии, извлечение отдельных компонентов из смесей в химическом производстве образуется низкопотенциальное тепло. И таких примеров можно привести много.

*Тепловые насосы* – одно из средств, дающее возможность утилизации тепла тепловых отходов, в первую очередь с низкой температурой.

Для теплонасосных установок могут быть использованы различные источники энергии: низкопотенциальные ВЭР в виде пара и горячей воды, обратная сетевая вода систем теплоснабжения, уходящие газы котлов и технологических агрегатов, сточные воды, морская и речная вода, грунт и грунтовые воды и т.д.

Наиболее эффективно ТНУ могут применяться при замене водогрейных электрод котлов.

Коэффициент трансформации мощных ТНУ находится в диапазоне 2,5-5.

В частности, рекомендуется установить бромистолитиевые АТН типа АБТН-3000П в коксохимическом 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 является ВЭР коксохимического производства, значительная часть которого используется неэффективно, а в летний период большей частью теряется.

Можно привести несколько примеров использования ТНУ. Во-первых, на одном из предприятий стекольной промышленности тепловой насос использует тепловые отходы от линии воздушных компрессоров. Полученное тепло используется для снабжения производственных участков горячей водой и других целей. В результате значительно сокращается использование природного газа. Создана циркуляционная водяная система, где тепло воды используется в испарителе. Охлаждаемая вода направляется к воздушному компрессору. Второй процесс – обратная вода подводится к конденсатору теплового насоса и увеличивает температуру горячей воды для отделочных работ стекольного производства.

Во-вторых, тепловой насос за счет охлаждения оборотной воды осуществляет отопление на фабрике пластмасс. Есть также примеры, когда ТНУ повышал параметры сбросного тепла для полезного использования его в сушилке.

#### *Повышение излучающей способности газового факела*

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  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . 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.



#### 4.4. Использование отходов

Отметим, что не только продукция, или технологические процессы могут служить источником энергии. Отходы производств тоже могут являться ценным ресурсом как сырьевым, так и топливным. Эффективность переработки и энергетическая ценность как топлива некоторых видов отходов представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11. Энергетические показатели отходов

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

**Примечания:**

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

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

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).

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).

В отраслевом информационно-техническом справочнике ЦБП ИТС 1—2015 "Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона" подробно описаны наилучшие доступные технологии.

*Кейс № 4 «Повышение энергоэффективности издательско-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, что соответствует 7,4 м<sup>3</sup>/1000 книг,
- Водоснабжение - 30 тыс. м<sup>3</sup>, что соответствует 0,33 м<sup>3</sup>/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  $\cos \varphi$  (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 предприятие 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 приведены мероприятия, реализованные за период с 10.2015г. по 09.2016г.

№	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 электро схему/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

№	Наименование	Ориентировочная экономия, кВт/год, руб/год	Мероприятия/затраты в денежном выражении	Расчетный период окупаемости проекта
5	Компенсация реактивной мощности	8 500 кВт/год 33 000 руб/год	ТО статических конденсаторов, настройка контроллера/нет	Окупаемость с момента внедрения ввиду отсутствия материальных затрат
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 ОТ1 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, **энергоёмкость продукции снизилась на 12,8%**.

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	

#### Природный газ

№	Наименование	Ориентировочная экономия м <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /год 50 000 руб/шд	Автоматизация/3000 руб	Окупается за 14 дней
Итого		10 000 м <sup>3</sup> /год 50 000 руб/год	Затраты составили 3000 руб.	

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

	2014		2015	
	газ тыс. м <sup>3</sup>	книги	газ тыс. м <sup>3</sup>	книги
ИТОГО	348 192	52 277 249	306 352	57 413 653
м <sup>3</sup> /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.

*Кейс № 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<sup>3</sup> балансов составляет 0,361 м<sup>3</sup> (согласно справочнику НДТ, минимальное значение 0,56 м<sup>3</sup>/пл.м<sup>3</sup>, максимальное 6,5 м<sup>3</sup>/пл.м<sup>3</sup>).

В обороте участвует более 70% воды.

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

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<sup>3</sup>/пл.м<sup>3</sup>, лиственных пород 0,91 пл.м<sup>3</sup>/пл.м<sup>3</sup> (по НДТ — минимальное значение 0,89 пл.м<sup>3</sup>, максимальное — 0,93 /пл.м<sup>3</sup>).

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

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).

#### **4.5. 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.

### ***Эффект масштаба (инфраструктурные эффекты)***

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.

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.

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.

### ***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.

### ***Совмещение технологий***

В настоящее время большие резервы повешения 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.

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

При рассмотрении теплового баланса получения серной кислоты выясняется: что при сжигании серы образуется  $650 \times 10^3$  ккал тепла, при этом для формирования трехоксида серы необходимо  $219 \times 10^3$  ккал тепла. В контактной башне образуется серная кислота, которая содержит только  $50 \times 10^3$  ккал тепла, имеется достаточное количество избыточного тепла в процессе получения для трехоксида серы.

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.

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.

Еще один пример из области металлургии. 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  $\text{нм}^3$  коксового газа можно получить 60  $\text{нм}^3$  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 служить восстановительным газом в металлургической технологии.

Кейс № 6 «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.

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.

Ниже приводится обобщенный комплекс мероприятий, который в целом показывает подходы к энергосбережению и охране окружающей среды в химической промышленности.

Во-первых, это подготовка материалов (флотация руд, обогащение, изменение фазового состояния, повышение температуры самого материала) путем:

- использования отходящего тепла от технологических агрегатов;
- подбора оптимальных параметров технологического процесса;
- формирования шихтовых материалов с выделением тепла;
- герметизации оборудования и организованного отвода газов;
- локализации вредных соединений, образующихся в процессе подготовки материала к основному технологическому процессу.

Во-вторых, при организации основного технологического процесса, нужно предусмотреть:

1. Проведение инвентаризации всех тепловых отходов, образующихся отходами и источниками загрязнения воздуха, устанавливая:

- место их образования;
- технические параметры оборудования и технологии;
- технические характеристики всех отходов;
- возможные методы и способы их вторичного использования в различных направлениях.

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;
- обработка растворов;
- плавление 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.

Примеры использования сырья как источника энергии для технологического процесса приведены в таблице 4.12. В перечисленных в таблице 4.12. 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 4.12.** 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 трифосфата соды и серной кислоты			
	Совместное производство борной и серной кислот			
	Совместное производство серной кислоты и сероуглерода			
	Совместное производство серной кислоты и одного из элементов: бутилацетата, этилопхола, бутилена, капролактама, ацетата целлюлозы и т.д.			
Фосфор, сырьевой материал и источник тепла	Тетрофосфат и фосфорная кислота	Природный газ	Тепло для приготовления горячего раствора соды; сушка готовой продукции, подогрев смеси для удаления CO <sub>2</sub>	



	Фосфорная кислота и монофосфат натрия	Природный газ	Выпарка раствора	
	Фосфорная кислота и фторонатриевая 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 и алохол	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, меламина, сода, мочевины, смолы, гидразин и т.д.			

Химические технологии как источники тепловой энергии и варианты ее использования приведены в таблице 4.13.

**Таблица 4.13.** Энергетические источники тепла в химических технологиях

Теплоноситель	Место образования, получение конечного продукта	Способ использования	Теплота сгорания, ккал/кг
Водород	Хлористый цинк (ZnCl <sub>2</sub> )	Нагрев исходных материалов: цинк, соляная кислота	34180
	Толуол (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> )	Разложение исходного материала: метилциклогексан	
	Ксилен (C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	Разложение диметилциклогексана	
	Бутадиен (C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> )	Разложение бутадиена	

	Формальдегид (CH <sub>2</sub> O)	Разложение CH <sub>3</sub> OH	
	Пропилен (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )	Разложение пропана	
	Водород (H <sub>2</sub> )	Окисление C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> водой; окисление CO	
	Метилэтилкетон (CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> )	Разложение бутил алохола	
	Цианистый водород (HCN)	Подогрев исходных копонентов	
	Каустическая сода (NaOH)		
	Хлорат соды (NaClO <sub>3</sub> )	Проведение основного технологического процесса	
	Поташиум перманат (KMnO <sub>4</sub> )	Нагрев технологического агрегата	
	Цианид кальция (CaCN <sub>2</sub> )	Нагрев исходных смесей	
Сера и сероводород	Хлористый барий	Энергетическое топливо	
	Азотистый барий		
	Окись азота		
	Карбонат бария		
	Мочевина		
	Сернистый натрий		
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 <sub>2</sub> S)		
	Серный барий (BaS)		
	Хлористый титан (TiCl <sub>4</sub> )		

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 4.14.

**Таблица 4.14.** Тепло охлаждения газа после отвода из агрегата и подачи на очистку

Теплоноситель	Место образования, получение конечного продукта	Способ использования
Аммиак	Бромистый калий	$\text{NH}_4\text{Br} + \text{KOH} = \text{KBr} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
	Меламин	$6\text{CO}(\text{NH}_3)_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_3(\text{NH}_3)_3 + 6\text{HN}_3 + 3\text{CO}_2$ уреа
	Карбонат кальция	$\text{CaCN}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{NH}_3$
	Хлористый кальций	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Пар	Процессы сушки различными способами	Нагрев агрегатов, обработка растворов и т.д.

*Кейс № 7 Комплексная программа энергосбережения на "Нижнекамскнефтехим"*

Нижнекамскнефтехим (НКНХ) – ведущий российский производитель и экспортер нефтехимической продукции, лидер по производству синтетических каучуков, пластиков и этилена в РФ. Входит в ТОП-10 мировых производителей синтетического каучука. Компания является самым крупным потребителем энергоресурсов среди промышленных предприятий Республики Татарстан. В 2013 году компания потребила 2,56 млрд кВт\*ч электрической энергии на сумму 5,15 млрд руб., 14 млн Гкал тепловой энергии на сумму 8,73 млрд руб. и 564,14 млн м<sup>3</sup> природного газа на сумму 2,13 млрд руб. Суммарные затраты на приобретение этих энергоресурсов составили 16 млрд руб. (с НДС).

На предприятии реализовано уже три программы по энергосбережению, а внедренные в их рамках более 1240 различных мероприятий принесли экономический эффект в 4,5 млрд руб. Так сэкономлено почти 350 -млн квт\*ч электроэнергии, около 6 млн Гкал тепловой энергии и более 190 тыс. тонн условного топлива. В итоге индикатор энергоемкости товарной продукции снизился более чем на 43%.

Были проведены работы по:

- совершенствованию существующих и внедрению новых энергосберегающих технологий;
- использованию современных высокоэффективных катализаторов;
- реконструкции и модернизации технологического оборудования;
- увеличению загрузки мощностей предприятия;
- рациональному использованию вторичных энергоресурсов;
- снижению непроизводительных потерь сырья и энергоресурсов;
- оснащению всех производств автоматизированными системами управления;

На предприятии осуществлены новые проекты с экономичным потреблением энергоресурсов – производство галобутилкаучуков, полистирола, полипропилена. Прошла модернизация и расширение производств этилена, синтетических каучуков, что позволило снизить удельные нормы расхода энергоресурсов. Проведены работы по реконструкции ректификационных колонн по замене ситчатых тарелок на более современные; замене катализаторов на высокоэффективные, позволяющие вести процессы в мягких температурных режимах с повышением селективности и уменьшением энергозатрат.

На обеих промышленных зонах предприятия смонтированы и пущены в эксплуатацию щиты мониторинга системы электроснабжения всех заводов ОАО «Нижнекамскнефтехим». Они позволили представить реальную картину потребления как в целом по компании, так и по отдельным структурным подразделениям и оперативно осуществлять диспетчерское управление режимом энергопотребления. В 2007 году осуществлен пуск собственного энергоисточника – когенерационной газотурбинной установки ГТУ-75, которая покрывает потребности предприятия в электрической энергии на 24 % и в тепловой – на 10 %. Проведены работы по замене старых щитов станций управления электрооборудованием. В 2010 г. на семи главных понизительных подстанциях ОАО «НКНХ» проведена замена устаревшей системы «отделитель - короткозамыкатель» на современную систему с применением элегазовых выключателей. В 2016 проведена реконструкция и модернизация установки производства линейных альфа-олефинов (ЛАО). Выполнена программа по возврату конденсата водяного пара с технологических производств.

В 2016 году «Нижнекамскнефтехим» запустил в работу четвертую энергетическую программу сроком до 2020 года, экономический эффект от реализации которой должен составить 600 млн руб. Например, по проекту модернизации производства изопрена с доведением мощности до 333 тысяч тонн в год ожидается, что потребление тепла на модернизированном производстве снизится более чем в два раза: с 19,4 Гкал 9,5 Гкал на тонну продукции.

*Кейс № 8 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.

#### *Кейс № 9 КАО «Азот» получение водорода по новой технологии*

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.

#### **4.6. Непроизводственные затраты энергии**

Для снижения издержек предприятия также необходимо учитывать возможности модернизации самих производственных помещений и оборудования вспомогательных производств.

*Кейс № 10 «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 марок ГСП 400, ЛПО, ДНАТ 250. ГСП 3 ДСО ЛПО ДСО.

Мероприятия:

- Заменена светильников 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)

*Кейс № 11 «Комплексная модернизация производственного здания ООО «Завод модульных конструкций «Башеврокуб»»*

Здание имеет следующие измерения: Высота цеха: 14,4 м. Площадь фасада: 3410 м2. Площадь кровли (потолка): 2052 м2.

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 В64-2SX G в количестве 22шт. (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 современной 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 0,7млн. руб.

*Кейс № 12 «Энергосбережение на предприятиях Концерна «Тракторные заводы»*

Основные реализованные мероприятия

Направление энергосбережения	Наименование мероприятия	Экономический эффект
Система электроснабжения	Оптимизация работы систем обратного 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 по постоянному улучшению «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 2015г. – 1 полугодие 2016г. составил порядка 110 млн.руб.

ПРОЕКТ

## Раздел 5. Инструменты и практика энергетического менеджмента

### 5.1. Общая характеристика

Системы более высокого уровня обладают более сложными резервами оптимизации и характеризуются дополнительными эффектами от нее. На уровне предприятия возможности не ограничиваются мерами технического характера, а дополняются схемными решениями и методами интеграции процессов (выявления резервов), а также методами совершенствования систем менеджмента.

Наибольшую эффективность показывает комплексный подход, использующий все три типа мер.

Необходимо принимать во внимание, что перечни технических инструментов никогда не являются исчерпывающими, подвержены корректировке и обновляются в силу 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 количественных целевых показателей, характеризующих энергетическую эффективность организаций и основных процессов, представляется не столько сложным, сколько бессмысленным вопросом в силу значительной, прежде всего отраслевой, специфики. Соответствующие задачи выполнены в отраслевых информационно-технических справочниках.

Как и любая другая система менеджмента, энергетический менеджмент наиболее результативен в том случае, когда он 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.

1. Организация системного энергетического мониторинга и анализа, в том числе с использованием 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, 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.

Система энергоменеджмента (СЭнМ) построена на принципе постоянного улучшения, что подразумевает подход к ней не как к разовому проекту, а как к длящемуся процессу. Аналогично другим системам менеджмента, энергетический менеджмент также 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. рис. 5.1).



Рис. 5.1 Цикл энергоменеджмента

Начиная на предприятии работу по энергетическому менеджменту, необходимо определиться с целями, они могут быть различны. Является ли приоритетом снижение выбросов парниковых газов, либо снижение физических объемов потребляемой энергии, либо платежей за энергопотребление. В ряде случаев эти цели могут оказаться не тождественны.

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.

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 также не требует обязательной сертификации. 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.

**1. НДТ состоит во внедрении и поддержании функционирования системы энергоменеджмента (СЭНМ), в состав которой входят, в той мере, в какой это применимо в конкретных условиях, все перечисленные элементы:**

- Обязательства высшего руководства.
- Разработка и принятие энергетической политики (политики в области энергоэффективности).
- Организация учета и мониторинга, энергетические аудиты, определение базовой линии энергопотребления, использование методов визуализации и построение моделей; бенчмаркинг.
- Планирование, в т.ч. выбор значимых энергопотребителей и энергетический анализ; установление целей и задач, показателей энергетической результативности; определение возможностей для улучшений и формирование плана мероприятий (программы энергоэффективности).
- Операционный контроль, критические операционные параметры и технические проверки.
- Проектирование.

- Закупки.
- Проверки результативности, в т.ч. внутренние аудиты; оценка со стороны руководства; подготовка периодической декларации об энергоэффективности.
- Обеспечение вовлеченности персонала, в т.ч. информирование; обучение и повышение квалификации; создание система рационализаторских предложений; создание системы мотивации.
- 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.

## **5.2. Отдельные 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 23.11.2009г. №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.

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, однако можно назвать несколько наиболее употребимых 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.

**2. НДТ состоит в организации системы учета и мониторинга, включая 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 мероприятий (программу повышения энергоэффективности), содержащий:

- распределение ответственности;
- необходимые средства и сроки для достижения каждой поставленной цели;
- описание метода, посредством которого должна проводиться верификация улучшения энергетической результативности.

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

**3. НДТ состоит в организации планирования и энергетического анализа, включая 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 оказывается выше, а соответствующие инвестиции значительно ниже, чем при оптимизации энергоэффективности предприятия в процессе коммерческой эксплуатации.

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 энергии в целях эффективного использования энергии.

### **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»).

### **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.

### **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.

#### **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.

**4. НДТ состоит в организации системы проверки результативности через внутренние аудиты, оценки со стороны руководства, подготовку периодической декларации об энергоэффективности.**

*Применимость: любые организации, технологические процессы или системы.*

## **Разработка и соблюдение 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.

### **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, построенной 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.

**5. НДТ состоит в формировании 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.*

ПРОЕКТ

## Заключительные рекомендации по применению справочника

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» подготовлен Технической рабочей группой 48. Наиболее активное участие в сборе, анализе и систематизации информации, а также в написании текста справочника и его обсуждении приняли специалисты следующих организаций:

- Аналитический центр при Правительстве РФ;
- 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 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. Используются 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»;

- «Климатическая нейтральность: 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 члены ТРГ 48 высказали ценные замечания и предоставили дополнительные материалы.

При написании Справочника 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 ИТС 48 в 2009-2012 гг. Используются также материалы отчёта, подготовленного 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, 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 производителей 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, он-лайн счётчиками, ситуационными исследованиями, отраслевыми анализами резервов энергосбережения и корпоративными решениями и ноухау компаний, которыми они, возможно, не должны делиться, и об этом свидетельствует международный опыт.

Процесс совершенствования справочника 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.

Составители информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» надеются, что коллеги готовы разделить позицию последовательного совершенствования справочника, а

также принять участие в разработке отраслевых практических руководств и национальных стандартов в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности.

ПРОЕКТ



## Приложение А (справочное)

### Перечень технологий энергоэффективности, приведенных в ИТС НДТ<sup>10</sup>

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	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»	<p>Приведены удельные показатели минимального и максимального расхода энергоресурсов при производстве целлюлозно-бумажной продукции для процессов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Подготовка древесины</li> <li>• Производство сульфатной целлюлозы</li> <li>• Производство нейтрально-сульфитной целлюлозы</li> </ul>	<p>НДТ-5. Оптимальное управление системой потребления энергии и энергоэффективностью для уменьшения расхода топливно-энергетических ресурсов и снижения техногенного воздействия на окружающую среду производственных процессов и ТЭЦ</p> <p>НДТ-11. Снижение образования отходов, вовлечение в повторное использование и подготовка для размещения на полигоне в.т.ч. выработка энергии)</p> <p>НДТ-21.Снижение потребления тепловой энергии (пара) и электроэнергии (сульфатное производство)</p>	<p>ПТ-1.4. Газификация черного щелока</p> <p>ПТ-1.5. Увеличение производства электроэнергии на основе продуктов биомассы и утилизация избыточного тепла</p> <p>ПТ-4.1. Снижение расхода воды и удельных сбросов при организации максимально возможного замкнутого цикла использования оборотной воды</p>

<sup>10</sup> ИТС НДТ, утвержденные приказами Росстандарта к моменту написания настоящего Справочника НДТ

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Производство древесной механической массы:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Дефибрерная древесная масса</li> <li>- Термомеханическая масса</li> <li>- Химико-термомеханическая масса (хвойная древесина)</li> </ul> </li> <li>• Химико-механическая масса (осина)</li> <li>• Регенерация химикатов</li> <li>• Каустизация и регенерация извести</li> <li>• Производство бумаги</li> <li>• Производство картона</li> </ul>	<p>НДТ-22. Повышение эффективности производства электроэнергии</p> <p>НДТ-26. Снижение расхода тепловой энергии (пара) электроэнергии (сульфитное производство)</p> <p>НДТ-28. Снижение расхода тепловой и электрической энергии (производство древесной массы)</p>	<p>ПТ-5.14. Газификация мелкой фракции отходов сортирования щепы</p> <p>ПТ-5.15. Переработка осадков сточных вод (кек, уплотненный или высушенный ил и осадок) методом сверхкритических технологий (СКТ)</p> <p><i>Среди приведенных 48 ПТ (см. приложение Ж) большинство являются ресурсосберегающими и способствуют снижению расхода энергоресурсов.</i></p>

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Очистка производственных сточных вод</li> </ul>		
2.	«Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот»	Приложение Г (обязательное) Энерго-эффективность	<p>Приведены удельные показатели расхода сырья и энергоресурсов при производстве:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• аммиака</li> <li>• серной кислоты</li> <li>• ЭФК</li> <li>• азотной кислоты</li> <li>• комплексных удобрений</li> <li>• аммиачной селитры</li> <li>• известково-аммиачной селитры</li> <li>• карбамида</li> </ul>	<p>Приведены НТД при:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Производстве аммиака</li> <li>Производстве серной кислоты</li> <li>Производстве фосфорной кислоты</li> <li>Производстве азотной кислоты</li> <li>Производстве комплексных удобрений</li> <li>Производстве карбамида</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>установка сатурации природного газа</li> <li>установка параллельного трубчатого реактора в отделении риформинга</li> <li>установка дополнительной колонны синтеза аммиака</li> <li>установка котла-утилизатора после колонны синтеза</li> <li>установка рекуперативного риформинга «Тандем»</li> <li>повышение надежности и энергоэффективности работы сернокислотных установок</li> </ul>

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• смеси карбамида и нитрата аммония</li> <li>• хлористого калия</li> </ul>		<p>дигидратно-полугидратный (ДГ-ПГ) процесс с двухступенчатой фильтрацией</p> <p>получение концентрированного раствора (плава) карбамида</p> <p>получение твердых форм готового продукта</p> <p>сухое дробление руды до флотационной крупности</p>
3.	«Производство меди»	Приложение (обязательное) Энерго-эффективность .	<p>Г 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</p>	<p>НДТ 2. Повышение эффективности использования энергии</p> <p>НДТ 3. Повышение эффективности использования энергии при первичном производстве меди</p> <p>НДТ 4. Повышение эффективности использования энергии при вторичном производстве меди</p> <p>НДТ 5. Повышение эффективности использования энергии при электрорафинировании и электролизе</p>	<p>Перспективная технология 1. Повышение эффективности использования энергии: использование систем контроля, которые автоматически активируют включение местных отсосов пыли или отходящих газов только при возникновении выбросов.</p>

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			от состава концентрата (процентное содержание серы и железа), типа используемой плавильной печи, уровня обогащения кислородом, а также сбора и использования технологического тепла.	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

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>НДТ 16. Снижение потребления топлива в производстве санитарно-технических</p> <p>НДТ 19. Снижение потребления топлива в производстве посуды</p> <p>НДТ 20. Снижение потребления топлива в производстве изоляторов</p> <p>Основная часть наилучших доступных технологий, описанных в разделе 5, относится к НДТ повышения энергоэффективности</p>	<p>Применение сушил с контролируемой влажностью теплоносителя</p> <p>Сушка и обжиг СВЧ излучением</p>
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	<p>НДТ 1. Системы экологического менеджмента</p> <p>НДТ 2. Автоматическое регулирование параметров стекловарения</p> <p>НДТ 3. Рекуперация тепла отходящих газов процесса стекловарения</p> <p>НДТ 4. Использование стеклобоя</p>	<p>- обогащение воздуха, подаваемого для сжигания топлива при стекловарении, кислородом;</p> <p>- использование систем энергетического менеджмента (или их принципов инструментов).</p>

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			стекломассы, так и на единицу готовой продукции.	Основные наилучшие доступные технологии производства стекла определены как НДТ повышения энергоэффективности	
6.	«Производство цемента»	Приложение Е (обязательное) Энерго-эффективность .	Приведены диапазоны значений для: - удельный расход сырьевых материалов на производство 1 т портландцементного клинкера и портландцемента - удельный расход топлива на обжиг 1 т портландцементного клинкера - удельный расход 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	- 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

№	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 7. Разработка, реализация, поддержание в рабочем состоянии и постоянное выполнение определенных требований системы энергетического менеджмента (СЭМ)	
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	Не приведены
8.	«Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров),	Приложение В (обязательное) Энерго-эффективность	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	Не приведены



№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
	выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»			<p>НДТ 2-3. Сокращение энергопотребления на объекте обработки сточных вод</p> <p>НДТ 2-4. Сокращение водозабора и образования сточных вод</p> <p>НДТ 2-5. Сокращение до минимально возможного уровня водопотребления технологических процессов</p> <p>НДТ 2-6. Повышение степени повторного использования сточных вод</p> <p>НДТ 2-7. Создание системы сбора и разделения сточных вод</p> <p>НДТ 2-8. Максимально возможное извлечение из сточных вод загрязняющих веществ и их последующее использование</p> <p>НДТ 2-9. Использование применяемых для очистки сточных вод реагентов, имеющих методики определения остаточных концентраций</p>	

№	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 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	Не приведены	<p>Инжекция вторичного воздуха, оптимизация и распределение</p> <p>Рециркуляция дымовых газов</p> <p>Обогащение воздуха кислородом</p> <p>Увеличение времени выдержки отходов в камере сжигания</p> <p>Оптимизация времени, температуры, турбулентности газов в зоне сжигания и концентрации кислорода.</p> <p>Использование автоматически работающих вспомогательных горелок</p> <p>Использование тепла</p> <p>Переход с жидкого топлива на природный газ</p> <p>Оптимизация КПД установок</p>	Не приведены

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>Использование частотно-регулируемых приводов</p> <p>Оптимизация системы охлаждения</p> <p>Оптимизация конструкции котла-утилизатора</p> <p>Использование тепловых насосов</p> <p>Прямая добавка щелочных реагентов</p> <p>Обеспыливание на высокотемпературных установках</p> <p>Обработка остатков с использованием гидравлических вяжущих</p> <p>Мониторинг HCl</p> <p>Циклическое использование воды</p> <p>Сепарация металлов из шлака</p> <p>Путь движения дымовых газов</p>	
10.	«Очистка сточных вод с использованием централизованн	Приложение Г (обязательное) Энерго-эффективность	Приведены данные по диапазону расхода сырья, материалов и энергоресурсов на ОС ГСВ.	НДТ 11а. Анаэробная стабилизация жидких осадков, включая обработку и утилизацию биогаза. Установлен технологический показатель - эффективность снижения органического вещества	Получение жидкого топлива из осадка. Цель технологии - Получение из осадка

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
	ых систем водоотведения поселений, городских округов»		<p>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).</p>	<p>осадка в результате обработки по технологии НДТ 11а</p> <p>НДТ 14а. Использование для подачи воздуха в азротенки агрегатов с КПД использования электроэнергии не менее установленных. Область применения как НДТ</p> <p>Установлен технологический показатель - КПД использования электроэнергии в агрегатах для подачи воздуха в азротенки, не менее 80%</p> <p>НДТ 14б. Использование технологий подачи воздуха, азрационных систем (воздухонагнетатели и диспергаторы), обеспечивающих в совокупности затраты электроэнергии на процесс биологической очистки сточных вод в азротенках не более установленных.</p> <p>Установлен технологический показатель - затраты электроэнергии на процесс очистки сточных вод, не</p>	<p>коммерческого нефтеподобного продукта;</p> <p>Удаление азота через нитрит. В данной технологии до 50 % снижается энергопотребление на удаление азота, увеличиваются возможности для энергогенерации;</p> <p>Аноксидное окисление аммония (АНАММОКС-технологии).</p> <p>Процесс удаления азота характеризуется низким энергопотреблением (снижено до 1/3 от обычного);</p> <p>Биосушка осадка. Процесс позволяет осуществить эффективную сушку осадка при энергозатратах, сниженных более, чем в 2,5 раза по</p>

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>более 0,7 кВт·ч/кг поступающих кислородпотребляющих веществ</p> <p>НДТ 14в Применение насосных агрегатов для рециркуляции активного ила из вторичных отстойников.</p> <p>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.</p> <p>Установлен технологический показатель - затраты реагентов на удаление фосфора из сточных вод, кг/кг удаленного фосфора</p> <p>НДТ 14д. Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод и обработки осадка, обеспечивающих их дозирование в количествах, минимально</p>	<p>сравнению с использованием природного газа;</p> <p>Электроосмотическое обезвоживание. Технология позволяет осуществить частичную сушку осадка сточных вод при энергозатратах, пониженных в несколько раз.</p>

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				достаточных для осуществления технологических процессов.	
11.	«Производство алюминия»	Приложение В (обязательное) Энерго-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 Переводу 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 Использование избыточного тепла (например, пара, горячей воды или горячего воздуха), образующегося при реализации основных процессов	- технология двухзонной печи Ванюкова; - усовершенствование технологии гидрометаллургического обогащения бедного никель-пирротинового концентрата;

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>Регенеративные дожигающие устройства</p> <p>Подача на горелки воздуха, обогащенного кислородом, или чистого кислорода для уменьшения потребления энергии</p> <p>Низкотемпературная сушка концентратов и влажного сырья перед плавкой</p> <p>Теплоизоляция объектов, функционирующих при высоких температурах, например, трубопроводов пара и горячей воды</p> <p>Использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями, для таких устройств, как, например, вентиляторы</p> <p>Использование горячих технологических газов от процессов плавления для нагревания подаваемых компонентов</p> <p>Применение автогенных процессов плавки сырья</p>	<p>- производство никеля электроэкстракцией рафинированием ПНТП;</p> <p>- производство никеля электроэкстракцией растворов выщелачивания никелевого концентрата от разделения фанштейна;</p> <p>- технология производства карбонильного никеля с использованием синтеза среднего давления.</p>

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				Использование тепла химических реакций для поддержания теплового баланса гидromеталлургических 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	<p>НДТ 2. Повышение эффективности использования энергии: использование комбинации двух или более методов, приведенных в таблице 5.1</p> <p>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 ре-циклинг с использованием одного из или комбинации методов, приведенных в таблице 5.24</p> <p>НДТ 31. Извлечение полипропилена и полиэтилена из свинцовых аккумуляторных батарей: отделение полипропилена и полиэтилена от батарей перед плавкой.</p>	<p>- технологии, позволяющие исключить стадии электролиза — для производства золота и серебра.</p> <p>- технология «молекулярного распознавания» — для производства МПГ.</p>



№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>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</p> <p>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</p> <p>НДТ 34. Эффективное использование энергии: использование тепла отходящих газов, образующихся в обжиговой печи, с помощью одного из или комбинации следующих методов, приведенных в таблице 5.27.</p>	

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>НДТ 47. Сокращение потребления воды при переработке вельц-окси: применении многостадийной противоточной промывки.</p> <p>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.</p> <p>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</p>	

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>это невозможно, их вторичной переработке с использованием одного из или комбинации методов, приведенных в таблице 5.39.</p> <p>НДТ 53. Обработка отходов выщелачивания с целью обеспечения их пригодности для конечной утилизации: пирометаллургическая обработка отходов выщелачивания в вельц-печи.</p> <p>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.</p>	
14.	«Производство драгоценных металлов» **	Приложение Д (обязательное)	Установлены следующие уровни потребления:	НДТ 2. Эффективное использование энергии путем применения комбинации следующих методов: 1 Система энергетического менеджмента (СЭНМ)	

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
		Энерго-эффективность	<p>- удельный расход сырьевых материалов на производство 1 кг драгоценных металлов — 0,97 т (см. раздел 3);</p> <p>- удельный расход топлива — 10 кг/кг (см. раздел 3);</p> <p>- удельный расход энергии — 0,064 Вт/кг (см. раздел 3).</p>	<p>2 Регенеративные или рекуперативные горелки</p> <p>3 Использование избыточного тепла (например, пара, горячей воды или горячего воздуха), образующегося при реализации основных процессов</p> <p>4 Регенеративные дожигающие устройства</p> <p>5 Предварительный разогрев шихты, подаваемого в камеру сгорания воздуха или топлива с помощью горячих газов, образующихся при плавке</p> <p>6 Повышение температуры выщелачивающих растворов с использованием пара или горячей воды за счет избыточного тепла</p> <p>7 Предварительный разогрев подаваемого в камеру сгорания воздуха с помощью горячих газов из литейных желобов</p> <p>8 Подача на горелки воздуха, обогащенного кислородом, или чистого кислорода для уменьшения</p>	

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>потребления энергии за счет автогенной плавки или полного сгорания углеродистого материала</p> <p>9 Низкотемпературная сушка концентратов и влажного сырья перед плавкой</p> <p>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</p> <p>11 Рециркуляция загрязненных отходящих газов через кислородно-топливную горелку для использования энергии общего органического углерода</p> <p>12 Теплоизоляция объектов, функционирующих при высоких температурах, например, трубопроводов пара и горячей воды</p>	

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>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</p> <p>14 Использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями, для таких устройств как, например, вентиляторы.</p> <p>15 Системы контроля, которые автоматически активируют включение местных отсосов пыли или отходящих газов только при возникновении выбросов</p> <p>НДТ 2а. Разработка, внедрение, поддержание в рабочем состоянии и постоянное выполнение определенных требований системы энергетического менеджмента (СЭМ).</p>	

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
15.	«Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)» ***	Приложение В (обязательное) Наилучшие доступные технологии в области энергоэффективности		<p>НДТ Э-1. Внедрение и постоянная поддержка принципов энергосбережения при обращении с отходами</p> <p>НДТ Э-2. Сокращение энергопотребления при обращении с отходами</p> <p>НДТ включает, в зависимости от конкретных условий, следующие подходы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) многократное использование теплоносителя;</li> <li>б) использование избыточного пара;</li> <li>в) рекуперация тепла экзотермической реакции;</li> <li>г) применение устройств плавного пуска и частотного привода двигателей насосных и воздуходувных агрегатов.</li> </ul> <p>НДТ Э-3. Сокращение энергопотребления на объекте утилизации и обезвреживания отходов</p> <p>НДТ включает принятие программы организации энергопотребления, ключевыми позициями которой являются:</p>	

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>а) формирование системы, позволяющей отслеживать энергопотребление и затраты;</p> <p>б) проведение энергетического аудита основных технологических операций;</p> <p>в) модернизация оборудования, систем и элементов управления для повышения энергоэффективности;</p> <p>г) проведение обучения лиц, занятых в области обращения с отходами, основам организации энергоэффективности.</p>	
16.	«Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы» ***	Приложение В (справочное) Энерго-эффективность	<p>В Приведены диапазоны удельного расхода электроэнергии, кВт*ч на 1 т продукции при производстве:</p> <p>Добыча каменного угля</p> <p>Добыча бурого угля закрытая</p> <p>Обогатительная фабрика</p> <p>Добыча руд черных металлов</p>	<p>Управление системой потребления энергетических ресурсов</p> <p>Сокращение энергопотребления в процессах добычи и обогащения полезных ископаемых</p> <p>Минимизация потерь полезных ископаемых в недрах</p> <p>Максимально полное извлечение ценных компонентов из добываемого полезного ископаемого</p>	<p>Управление системой потребления энергетических ресурсов</p> <p>Сокращение энергопотребления в процессах добычи и обогащения полезных ископаемых</p> <p>Минимизация потерь полезных ископаемых в недрах</p>



№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			<p>Добыча руд цветных металлов</p> <p>Обогатительные фабрики черной металлургии</p> <p>Обогатительные фабрики в цветной металлургии</p>	<p>Извлечение сопутствующих компонентов</p> <p>Использование вскрышных и вмещающих пород, хвостов обогащения</p> <p>Сокращение потерь полезных ископаемых при транспортировке</p> <p>Сокращение забора воды из природных источников</p> <p>Удаление метана из горных выработок при помощи систем и схем вентиляции</p>	<p>Максимально полное извлечение ценных компонентов из добываемого полезного ископаемого</p> <p>Извлечение сопутствующих компонентов</p> <p>Использование вскрышных и вмещающих пород, хвостов обогащения</p> <p>Сокращение потерь полезных ископаемых при транспортировке</p> <p>Сокращение забора воды из природных источников</p> <p>Удаление метана из горных выработок при помощи систем и схем вентиляции</p>

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	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		<p>НДТ Э-1 Внедрение и постоянная поддержка принципов энергосбережения при обращении с отходами</p> <p>НДТ Э-2 Сокращение энергопотребления при обращении с отходами</p> <p>НДТ Э-3 Сокращение энергопотребления на объекте размещения отходов</p>	
18.	«Производство основных органических химических веществ»	Приложение Г (обязательное) Энерго-эффективность	Приведена информация об уровнях потребления энергии для основных технологических процессов	<p>НДТ 16. Увеличение времени работы катализаторов, обеспечение высокой степени конверсии сырья: применение одного из или комбинации следующих методов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обоснование выбора оптимального катализатора;</li> <li>- предотвращение дезактивации катализатора;</li> <li>- контроль показателей работы катализатора.</li> </ul> <p>НДТ 17. Учет методов повышения энергоэффективности, изложенных в ИТС 48.</p>	Не приведены

№	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 18. Снижение потребления энергоресурсов (тепла или пара) путем использования тепла отходящих газов.	
19.	«Производство твердых и других неорганических химических веществ»	Приложение Г (обязательное) Энергоэффективность		<p>Использование тепла отходящих газов со стадии охлаждения на стадии сушки продукта</p> <p>Использование вторичных энергоресурсов (пара 4 атм, или нагретых отходящих газов, например, со стадии сушки) для подогрева воздуха, подаваемого в топку на горение и разбавление топочных газов или для упарки реакционных растворов</p> <p>Организация замкнутого водооборотного цикла с нейтрализацией сточных вод и повторного использования оборотной воды в технологии</p> <p>Точный температурный контроль стадий процесса.</p> <p>Контроль, регулировка и автоматизация стадий технологического процесса, влияющих на образование и выделение загрязняющих веществ</p>	Не приведены

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

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>упаренной фосфорной или суперфосфорной кислоты, использование извести вместо мела)</p> <p>Постоянный контроль ключевых технологических параметров, поточные рН-метры и другие анализаторы</p> <p>Установка современных перемешивающих устройств, снижение потребления электроэнергии путем оптимизации конструкции самой мешалки, редуктора-мотора</p> <p>Локальные системы аспирации от узлов пересыпок и транспортного оборудования</p> <p>Использование циклонов, рукавных фильтров (карманных фильтров — на складе сырья)</p> <p>Использование отходов и вторичных продуктов (паровые конденсаты, сточные воды, граншлак, фосфогипс, шламы и т. д.)</p> <p>Переход на локальную систему обеспечения сжатым воздухом</p>	

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>Замена аппаратов воздушного охлаждения на аппараты водяного охлаждения</p> <p>Использование химически осажденного сульфата кальция в народном хозяйстве фильтрации дистиллерной жидкости, направленное на решение проблемы утилизации отходов содового производства</p> <p>производства хлористого кальция с получением товарного продукта из стоков производства кальцинированной соды</p> <p>Обучение производственного персонала. Внедрение обучающих тренажеров</p> <p>Стабилизация работы технологической системы путем равномерного распределения производственной программы</p> <p>Использование современного интенсивного оборудования и процессов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ленточных вакуум-фильтров, пресс- фильтров</li> </ul>	

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<ul style="list-style-type: none"> <li>- разделение суспензий центрифугированием;</li> <li>- 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.</li> <li>- организация процесса сушки с использованием воздуха, подогретого в калорифере насыщенным водяным паром.</li> </ul>	
20.	«Промышленные системы охлаждения»	Приложение В (обязательное) Энерго-эффективность		<p>Меры по повышению энергоэффективности</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Учет косвенного влияния ПСО на эффективность охлаждаемого производственного объекта и технологического оборудования</li> <li>2 Снижение производительности ПСО путем оптимизации объемов повторного использования тепла</li> <li>3 Учет требований охлаждаемого производственного оборудования</li> </ol>	Не приведены

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				4 Снижение прямого энергопотребления	
21.	«Производство оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния» ***	Приложение Е (обязательное) Энерго-эффективность	<p>Приведены</p> <p>Удельный расход сырьевых материалов, топлива и энергии на производство 1 т оксида магния «сухим» способом</p> <p>Удельный расход сырьевых материалов, топлива и энергии на производство 1 т оксида магния «мокрым» способом</p> <p>Удельный расход сырьевых материалов, топлива и энергии на производство 1 т гидроксида магния</p> <p>Удельный расход сырьевых материалов, топлива и</p>	<p>НДТ 2 НДТ для минимизации расхода магнезита или бишофита</p> <p>НДТ 3 НДТ для снижения расхода тепловой энергии в зависимости от технологического процесса и вида продукции</p> <p>НДТ 4 НДТ для снижения и предотвращения производственных потерь</p> <p>НДТ 15 НДТ с использованием гидроксида кальция в качестве щелочного агента (вместо гидроксида натрия)</p>	



№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			энергии на производство 1 т хлорида магния		
22.	«Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»	Приложение В (обязательное) Энерго-эффективность	Не приведены	<p>НДТ 2-1. Внедрение и постоянная поддержка принципов энергосбережения и ресурсосбережения при обращении с образующимися выбросами вредных (загрязняющих) веществ</p> <p>НДТ 2-2. Сокращение энергопотребления при обращении с образующимися выбросами вредных (загрязняющих) веществ</p> <p>НДТ 2-3. Сокращение энергопотребления при очистке выбросов вредных (загрязняющих) веществ</p> <p>НДТ 2-4. Сокращение образования выбросов вредных (загрязняющих) веществ</p> <p>НДТ 2-5. Максимально возможное извлечение из отходящих газов загрязняющих веществ и их последующее использование</p>	<p>ПТ-1. Мультивихревой гидрофильтр МВГ</p> <p>ПТ-2. Технология очистки газов контактным охлаждением</p> <p>ПТ-3. Компактный гибридный коллектор твердых частиц</p> <p>ПТ-4. Агломерация частиц</p> <p>ПТ-5. Плазмокаталитическая технология воздухоочистки ПКТ</p> <p>ПТ-6. Компактные электрофильтры</p> <p>ПТ-7. Трехступенчатый пылеуловитель</p> <p>ПТ-8. Фотокаталитическое окисление с диоксидом титана</p>

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
				<p>НДТ 2-6. Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки выбросов загрязняющих (вредных) веществ</p> <p>НДТ 2-7. Использование комплексного подхода при обращении с отходящими газами</p> <p>НДТ 2-8. Сбор отходящих газов</p>	<p>ПТ-9. Использование керамических фильтров для удаления нескольких загрязняющих веществ</p> <p>ПТ-10. Комплексная очистка от SOx и NOx</p> <p>ПТ-11. Система десульфуризации дымовых газов NID™</p> <p>ПТ-12. Технология десульфурации выбросных промышленных газов по СПР-методу</p>
22 <sup>1</sup> .	«Общие принципы производственного экологического	Приложение М (обязательное) Энергоэффективность	В перечень рекомендованных показателей, отражающих эффективность использования энергии на	Не приведены	Не приведены

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
	контроля и его метрологическое обеспечения» **		<p>предприятиях, отнесены такие параметры, как:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– температура в камере сгорания установки для сжигания термического типа и время удерживания (или поток);</li> <li>– температура катализатора в установке для сжигания каталитического типа;</li> <li>– измерение концентрации оксида углерода (СО) или суммы летучих органических соединений (ЛОС) в отходящих газах при сжигании органического топлива</li> </ul>		

№	Наименование ИТС НДТ	Сведения о наличии информации об энергосбережении	Показатели энергопотребления	Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности	Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности
			<p>(характеризует полноту сгорания топлива);</p> <p>– температура газа на выходе из охладителя.</p>		

ПРОЕКТ

## Библиография

1. Концепция энергосбережения и повышения энергетической эффективности ПАО «Газпром» на 2011–2020 годы. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/nature/energy-conservation/>
2. ОАО «Лукойл». Отчет о деятельности в области устойчивого развития на территории Российской Федерации в 2013-2014 гг. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.lukoil.ru/Responsibility/Sustainability>.
3. Роснефть: годовой отчет за 2015 год. Стабильность. Технологии. Развитие. [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.rosneft.ru/docs/report/2015/reports/rus\\_report\\_2015.pdf](https://www.rosneft.ru/docs/report/2015/reports/rus_report_2015.pdf)
4. Официальный сайт компании СИБУР. Устойчивое развитие. Энергоэффективность. [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.sibur.ru/sustainability/energy\\_efficiency/](https://www.sibur.ru/sustainability/energy_efficiency/)
5. Корпоративный социальный отчет Группы СУЭК 2014–2015. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.suek.ru/sustainability/>
6. ИТС 2 «Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
7. ИТС 3 «Производство меди» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
8. ИТС 4 «Производство керамических изделий» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
9. ИТС 5 «Производство стекла» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
10. ИТС 6 «Производство цемента» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
11. ИТС 7 «Производство извести» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
12. ИТС 9 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>

13. ИТС 10 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
14. ИТС 11 «Производство алюминия» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
15. ИТС 12 «Производство никеля и кобальта» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
16. ИТС 13 «Производство свинца, цинка и кадмия» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
17. ИТС 14 «Производство драгоценных металлов» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
18. ИТС 16 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
19. ИТС 17 «Размещение отходов производства и потребления» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
20. ИТС 18 «Производство основных органических химических веществ» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
21. ИТС 19 «Производство твердых и других неорганических химических веществ» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
22. ИТС 20 «Промышленные системы охлаждения» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
23. ИТС 21 «Производство оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html>
24. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. М.: Эколайн, 2012.
25. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009. URL: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ene.html>
26. ГОСТ Р 56828.15-2016. Наилучшие доступные технологии. Термины и определения
27. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности металлообработки. URL: <https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/industrial-plants/measure-track-and-benchmark/energy-star-energy>

28. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности нефтепереработки. URL: <https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/industrial-plants/measure-track-and-benchmark/energy-star-energy-10>.

29. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности нефтехимического производства. URL: [https://www.energystar.gov/ia/business/industry/Petrochemical\\_Industry.pdf](https://www.energystar.gov/ia/business/industry/Petrochemical_Industry.pdf).

30. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности переработки молока. URL: <https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/industrial-plants/measure-track-and-benchmark/energy-star-energy-3>.

31. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности производства алюминия. URL: <https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/industrial-plants/measure-track-and-benchmark/energy-star-focus-energy-efficiency-aluminum-casting>.

32. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности производства продуктов питания. URL: <https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/industrial-plants/measure-track-and-benchmark/energy-star-energy-4/>

33. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности производства стекла. URL: <https://www.energystar.gov/buildings/tools-and-resources/energy-efficiency-improvement-and-cost-saving-opportunities-glass-industry>.

34. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности производства фармацевтических препаратов. URL: <https://www.energystar.gov/buildings/tools-and-resources/energy-efficiency-improvement-and-cost-saving-opportunities-pharmaceutical>.

35. Производство цемента: калькулятор энергоэффективности. URL: <https://www.energystar.gov/buildings/tools-and-resources/cement-plant-epi>.

36. Рекомендации по повышению энергоэффективности производства цемента. URL: [https://www.energystar.gov/sites/default/files/tools/ENERGY%20STAR%20Guide%20for%20the%20Cement%20Industry%2027\\_08\\_2013\\_Rev%20js%20reformat%2011192014.pdf](https://www.energystar.gov/sites/default/files/tools/ENERGY%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: <https://www.energystar.gov/buildings/facility->

owners-and-managers/industrial-plants/measure-track-and-benchmark/energy-star-energy-5.

38. Бенчмаркинг и рекомендации по повышению энергоэффективности целлюлозно-бумажного производства. URL:

<https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/industrial-plants/measure-track-and-benchmark/energy-star-energy-13>.

39. Рекомендации компании Carbon Trust: энергоменеджмент. URL: <https://www.carbontrust.com/resources/guides/energy-efficiency/energy-management/>

40. Рекомендации компании Carbon Trust: мониторинг и постановка задач в сфере энергоэффективности. URL:

<https://www.carbontrust.com/resources/guides/energy-efficiency/monitoring-and-targeting/>

41. Рекомендации компании Carbon Trust: повышение энергоэффективности металлообработки. URL:

<https://www.carbontrust.com/media/206500/ctg062-metalforming-industrial-energy-efficiency.pdf> .

42. Рекомендации компании Carbon Trust: повышение энергоэффективности производства бумаги. URL:

<https://www.carbontrust.com/media/206496/ctg059-paper-industrial-energy-efficiency.pdf> .

43. Рекомендации компании Carbon Trust: повышение энергоэффективности производства кирпича. URL:

<https://www.carbontrust.com/media/206484/ctg043-brick-industrial-energy-efficiency.pdf>.

44. Рекомендации компании Carbon Trust: повышение энергоэффективности производства пива. URL:

<https://www.carbontrust.com/media/206492/ctg058-brewing-industrial-energy-efficiency.pdf>.

45. Рекомендации компании Carbon Trust: повышение энергоэффективности производства хлеба. URL:

<https://www.carbontrust.com/media/206476/ctg034-bakery-industrial-energy-efficiency.pdf>.

46. Исследование потенциала энергоэффективности и энергосбережения в промышленности и возможных механизмов политики. URL:



[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/151201%20DG%20ENER%20Industrial%20EE%20study%20-%20final%20report\\_clean\\_stc.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/151201%20DG%20ENER%20Industrial%20EE%20study%20-%20final%20report_clean_stc.pdf)

47. Mining Industry Energy Bandwidth Study. US Department of Energy. URL: <https://www.energy.gov/eere/amo/downloads/us-mining-industry-energy-bandwidth-study> .

48. Energy and environmental profile of the US mining industry. US Department of Energy. URL: <https://energy.gov/eere/amo/downloads/itp-mining-energy-and-environmental-profile-us-mining-industry-december-2002>.

49. Energy Efficiency in Exploration and Production of Oil & Gas. URL: <https://hub.globalccsinstitute.com/publications/energy-efficiency-technologies-overview-report/3-energy-efficiency-exploration-and-production-oil-gas>.

50. Международная финансовая корпорация. Руководство по энергосбережению в промышленности. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.ifc.org/wps/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: [http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics\\_ext\\_content/ifc\\_external\\_corporate\\_site/ifc+sustainability/our+approach/risk+management/ehsguidelines](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/ifc+sustainability/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. Постановление 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.)

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: <http://minenergo.gov.ru/node/1026>
58. Лисиенко, В.Г. Хрестоматия энергосбережения: Справочник : В 2 кн. / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев; Под ред. В.Г. Лисиенко. – М.: Теплоэнергетик, 2003. – 760 с.
59. Ключников А.Д. Энергетика технологии // Теплоэнергетика. – 2006. – № 11. – С. 65–69.
60. Ключников А.Д. Предпосылки радикального повышения эффективности работ в области энергосбережения // Промышленная энергетика. – 2001. – № 4. – С. 12–17.
61. Ключников А.Д. Энергетика теплотехнологии и вопросы энергосбережения. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 128 с.
62. ГОСТ 27322-87. Энергобаланс промышленного предприятия. Общие положения – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1987. – 16 с.
63. ГОСТ Р 51387-99. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 20 с.
64. 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.
65. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Энциклопедия энергосбережения. – Екатеринбург, ИД «Сократ», 2002. – 352 с.
66. Лисиенко В. Г. Вопросы стандартизации показателей эффективности использования топливно-энергетических ресурсов / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, С.Е. Розин, М.Г. Ладыгичев, О.Г. Дружинина // Теплоэнергетика. – 2004. – №10. – С. 70–74.
67. Лисиенко В.Г., Волков В.В., Маликов Ю.К. Улучшение топливоиспользования и управление теплообменом в металлургических печах. – М.: Металлургия, 1988. – 231 с.
68. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов (Экономия топлива и электроэнергии) / А.П. Егоричев, В.Г. Лисиенко, С.Е. Розин, Я.М. Щелоков. – М.: Металлургия, 1990. – 149 с.
69. Щелоков Я.М. Энергосбережение в металлургическом комплексе. – Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2002. – 43 с.

70. Щелоков Я.М., Розин С.Е., Егоричев А.П. Энергетический анализ металлургического производства // Промышленная энергетика. – 1991. – № 4. – С. 8–10.
71. Энергетический анализ. Методика и базовое информационное обеспечение / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, С.Е. Розин и др. – Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2001. – 100 с.
72. Степанов В.С. Анализ энергетического совершенства технологических процессов. – Новосибирск: Наука, 1984. – 273 с.
73. Степанов В.С., Степанова Т.Б. Потенциал и резервы энергосбережения в промышленности. – Новосибирск: Наука, 1990. – 245 с.
74. Степанов В.С., Степанова Т.Б. Проблемы оценки эффективности использования энергии // Технические, экономические и экологические проблемы энергосбережения: Тез. докл. межд. науч.-техн. конф. – Саратов: СГТУ. – 2001. – С. 38–40.
75. Степанов В.С., Степанова Т.Б. Система показателей для оценки эффективности использования энергии // Промышленная энергетика. – 2000. – № 1. – С. 2–5.
76. Степанов В.С., Степанова Т.Б. Эффективность использования энергии. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1994. – 256 с.
77. Степанов С.В. Оценка энергетической эффективности и выявление резервов энергосбережения в производствах алюминия и кремния: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2001. – 19 с. Степанова Т.Б. Понятия потенциала и резерва энергосбережения в технологических процессах промышленности и методы их оценки // Проблемы энергосбережения. – 1991. – № 7. – С. 3–10.
78. Степанова Т.Б. Прогнозирование энергопотребления методом термодинамических пределов // В кн.: Л.С. Беляев, О.В. Марченко, С.П. Филиппов, С.В. Соломин, Т.Б. Степанова, А.Л. Кокорин. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию. – Новосибирск: Наука, 2000. – 269 с.
79. Степанова Т.Б. Разработка методов комплексного энергетического анализа технических систем: Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – Новосибирск, 2001. – 46 с.
80. Ключников А.Д. Основные положения реализации предельного энергосбережения в теплотехнологии // Промышленная энергетика. – 1986. – № 10. – С. 3–5.

81. Ключников А.Д. Теплотехническая оптимизация топливных печей. – М.: Энергия, 1974. – 344 с.
82. Ключников А.Д. Энергетика теплотехнологии и вопросы энергосбережения. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 128 с.
83. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах / А.Д. Ключников, В.Н. Кузьмин, С.К. Попов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 176 с.
84. Ключников А.Д. Интенсивное энергосбережение как база разработки концептуальной модели теплотехнологического комплекса черной металлургии // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1999. – №2. – С. 61–63.
85. Ключников А.Д. Интенсивное энергосбережение: предпосылки, методы, следствия // Теплоэнергетика. – 1994. – № 1. – С. 12–16.
86. Ключников А.Д. Концепция интенсивного энергосбережения // Газовая промышленность. – 1997. – № 2. – С. 18–19.
87. Ключников А.Д. Концепция интенсивного энергосбережения как база формирования энергоматериалосберегающих и экологически безопасных моделей теплотехнологических систем будущего // Вестник МЭИ. – 1996. – № 1. – С. 33–36.
88. Ключников А.Д. Методические основы реализации энергосберегающих теплотехнологических установок // Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – С. 52–55.
89. Ключников А.Д., Картавцев С.В. Интенсивное энергосбережение в промышленности: предпосылки, научно-методическое и кадровое обеспечение // Промышленная энергетика. – 1996. – №8. – С. 2–5.
90. Ключников А.Д., Попов С.К. Диагноз энергетической эффективности и прогноз резерва интенсивного энергосбережения теплотехнологической системы. – М.: Изд-во МЭИ, 1999. – 70 с.
91. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / Справочник / Под общ. ред. А.В. Клименко и В.М. Зорина. – 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Издательство МЭИ, 2004. – 632 с. – (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн. 4).
92. Картавцев С.В. Разработка на базе концепции интенсивного энергосбережения перспективной модели энергоматериалосберегающего теплотехнологического комплекса черной металлургии: Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – М., 2007. – 40 с.

93. Ключников А.Д. Предпосылки радикального повышения эффективности работ в области энергосбережения // Промышленная энергетика. – 2001. – № 4. – С. 12–17.

94. Ключников А.Д. Критерии энергетической эффективности и резерва энергосбережения теплотехнологии, теплотехнологических установок, систем и комплексов. – М.: Издательство МЭИ, 1996. – 38 с.

95. Напалков Н.Г. Разработка на базе концепции интенсивного энергосбережения перспективной модели энергоматериалосберегающей системы обжига на цементный клинкер: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2006. – 20 с.

96. Попов С.К. Разработка методологии решения задач интенсивного энергосбережения в высокотемпературных теплотехнологиях: Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – М., 2009. – 40 с.

97. Башмаков И.А. Основные рекомендации: повышение энергоэффективности в российской промышленности [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.cenef.ru/file/UK\\_Industry.pdf](http://www.cenef.ru/file/UK_Industry.pdf)

98. Оценка рынка крупных проектов по повышению энергоэффективности в отдельных секторах промышленности и коммунального хозяйства России, 2013 Заказчик: Международная финансовая корпорация (IFC) [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.cenef.ru/art\\_11285\\_190.html](http://www.cenef.ru/art_11285_190.html)

99. «Невидимое топливо». Исследование ЕУ и ЕАБР в области энергоэффективности. Август 2014 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.eu.com/Publication/vwLUAssets/EY-energy-efficiency-research-2014/\\$FILE/EY-energy-efficiency-research-2014.pdf](http://www.eu.com/Publication/vwLUAssets/EY-energy-efficiency-research-2014/$FILE/EY-energy-efficiency-research-2014.pdf)

100. Гашо Е. Г. автор и составитель. Информационный обзор «Энергосбережение в зеркале промышленной политики» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/3017.pdf>

101. Энергетика России: постстратегический взгляд на 50 лет вперед Бушуев В.В., Громов А.И., Белогорьев А.М., Мастепанов А.М. – М.: ИАЦ «Энергия», 2016. – 96 с

102. Энергопотребление и эко-энергетическая эффективность черной металлургии/А.С. Мартынов, В.А. Артюхов, С.И. Забелин, М.В. Мирутенко, И.Н. Рыжов (эколого-энергетическое рейтинговое агентство Интерфакс-ЭРА)

[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://solex-un.ru/energo/reviews/effektivnost-chnoy-metallurgii>

103. Консолидированный обзор «Энергопотребление и эко-энергетическая эффективность экономики обрабатывающих регионов» / А.С. Мартынов, М.В. Мирутенко – Интерфакс-ЭРА [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://solex-un.ru/energo/reviews/effektivnost-ekonomiki-obrabatyvayushchih-regionov>

104. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2015г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/5197/66062>

105. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2014г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/5197/69065>

106. Стратегия развития черной металлургии России на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 года (утверждена приказом Минпромторга РФ от 05.05.2014 № 839).

107. Стратегия развития цветной металлургии России на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 года (утверждена приказом Минпромторга РФ от 05.05.2014 № 839)

108. Стратегия развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года (утверждена приказом Минпромторга России №33, Минэнерго России № 11 от 14.01.2016)

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

110. Стратегия развития энергомашиностроения Российской Федерации на 2010-2020 годы и на перспективу до 2030 года (утверждена приказом Минпромторга РФ от 22.02.2011 № 206)

111. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р)

112. Стратегия развития промышленности строительных материалов до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 10.05.2016 № 868-р)

113. Стратегия развития тяжелого машиностроения на период до 2020 года (утверждена приказом Минпромторга РФ от 09.12.2010 № 1150)

114. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р)

115. Стратегия развития легкой промышленности России на период до 2020 года (утверждена приказом Минпромторга России от 24.09.2009 № 853)

116. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года (утверждена приказом Минпромторга России и Минсельхоза России от 30.10.2008 № 248/482)

117. Программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 21.06.2014 № 1099-р)

118. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года (утверждена Председателем Правительства РФ от 24.04.2012 № 1853п-П8);

119. Международный стандарт ISO 50002:2014 «Energy audits -- Requirements with guidance for use»

120. Международный стандарт ISO 50004:2014 «Energy management systems -- Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an energy management system»

121. Международный стандарт ISO 50006:2014 «Energy management systems -- Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) -- General principles and guidance»

122. Международный стандарт ISO 50015:2014 «Energy management systems -- Measurement and verification of energy performance of organizations -- General principles and guidance»

123. Гашо Е.Г., Степанова М.В., Щелчков К.А. Общие приоритеты создания межотраслевого «горизонтального» справочника по наилучшим доступным технологиям повышения энергоэффективности в российской экономике / Наилучшие доступные технологи. Применение в различных отраслях промышленности. Сборник статей 6. – М.: Издательство «Перо», 2017. Стр. 70-85

124. Программа ЮНИДО по внедрению системы энергоменеджмента в промышленности / Печатное издание, 18 с.

125. Степанова М.В. Энергоменеджмент: универсальный размер [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.up-pro.ru/library/production\\_management/operations\\_management/energomanagement-stepanova.html](http://www.up-pro.ru/library/production_management/operations_management/energomanagement-stepanova.html)

126. Степанова М.В., Посадов В.А. Энергоменеджмент на промышленных предприятиях: уроки внедрения. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.up-pro.ru/library/production\\_management/operations\\_management/energomanagement-uroki.html](http://www.up-pro.ru/library/production_management/operations_management/energomanagement-uroki.html)

ПРОЕКТ