ЭЭК ИНИЦИАТИВА Энерго Эффективный Казахстан

ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

dena Немецкое энергетическое агентство

# Энергоэффективное теплоснабжение в промышленности

Supported by:

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy

on the basis of a decision by the German Bundestag

# Содержание


1 Введение 4

2 Системный подход к энергетической оптимизации 6

3 Энергоэффективные теплогенераторы 8

4 Энергоэффективное распределение тепла 14

5 Энергоэффективное использование отработанного тепла 16

6 Регулирование, управление и контроль 20

Партнёры проекта 22

Реквизиты 23

Повышение энергоэффективности в промышленности является важным условием для достижения целей энергетики и защиты климата в международном масштабе. В то же время благодаря этому предприятия могут уменьшить свои энергозатраты и укрепить свой инновационный потенциал и конкурентоспособность.

Наибольшие потребности промышленности в энергии приходятся на производство тепла для технологических процессов. Именно здесь предприятия могут добиться высокого уровня энергосбережения. Эффективное распределение тепла, использование отработанного тепла, вырабатываемого в ходе различных тепловых процессов, и управление системами теплоснабжения также представляют собой серьёзный потенциал.

Настоящая брошюра была подготовлена Немецким энергетическим агентством (dena) совместно с Институтом развития электроэнергетики и энергосбережения Казахстана. Она призвана предоставить помощь в поиске потенциала энергоэффективности в промышленности. Мы желаем всем предприятиям успехов в повышении энергоэффективности!

**Андреас Кульман**
Председатель Правления
Немецкого энергетического агентства (dena)

На долю промышленности в Казахстане приходится значительная часть потребления тепловой энергии. Учитывая высокий уровень физической и моральной изношенности большинства производственных комплексов предприятий, данный сектор имеет огромный потенциал энергосбережения.

Эти вызовы требуют сегодня радикального пересмотра принципов модернизации систем теплоснабжения в промышленности. Все большее значение имеют интегрированные когенерационные решения с индивидуальным цифровым управлением, с учетом особенностей предприятия, региональных и климатических факторов. Применение технологий ВИЭ позволит генерировать тепло из экологически чистых ресурсов, что увеличит сырьевой экспортный потенциал Казахстана.

Инновации и экономический успех сегодня неразрывно связаны между собой. Другими словами, “устойчивость окупается”, и это – важный фактор успеха.

Эта брошюра рассчитана на наших ключевых партнёров: промышленные предприятия, производителей технологий, отраслевые ассоциации. Вместе с Вами мы способны развить промышленный сектор Казахстана.

**Бауржан Смагулов**
Председатель Правления
АО «Институт развития электроэнергетики и энергосбережения»

# 1 Введение

Практически каждому промышленному предприятию и каждому предприятию обрабатывающей промышленности необходимо тепло для отопления и горячего водоснабжения, а также технологическое тепло. Тепло необходимо для производства пара различных параметров, горячей и тёплой воды, эксплуатации обжиговых печей или сушильных установок, нагревания веществ и материалов, для мытья, гальванизации, выпаривания, дистилляции, а также для других тепловых процессов. Приблизительно две трети потребления конечной энергии приходятся на производство технологического тепла. За счёт мероприятий по повышению энергоэффективности можно реализовать 30 % всего потенциала энергосбережения.

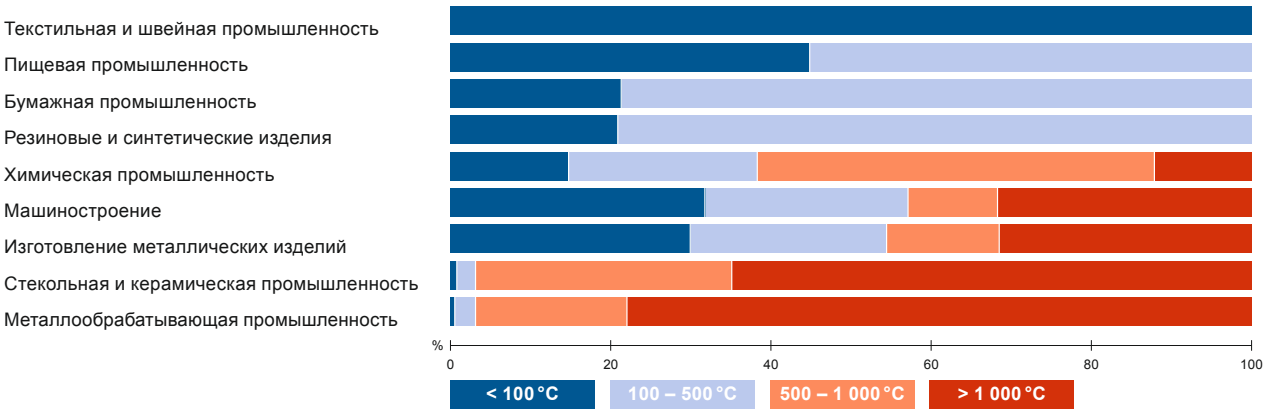
Для осуществления производственных процессов в разных отраслях экономики необходимы различные температурные уровни: от 60 °C для процессов очистки до более 1 000 °C для производства стекла, цемента, стали и т. д.[1]

Энергопотребление в промышленности постоянно возрастает – равно как и потребности в энергии для производства тепла. Согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА) доля высокотемпературного тепла в настоящее время составляет около двух третей от потребностей промышленности в теплоснабжении. До 2040 г. доля низко- и среднетемпературного тепла (ниже 400 °C) будет возрастать и составит три четверти общего повышения потребностей промышленности в теплоснабжении.[2]

Около 40 % потребностей промышленности в теплоснабжении покрываются за счёт **котельных установок**, которые производят пар и горячую воду. В основном тепло используется для технологических процессов в химической, целлюлозно-бумажной, пищевой промышленности, производстве винно-водочных и безалкогольных напитков, а также в промышленности по производству основных средств производства и для обогрева помещений самого разного назначения. В таких термических процессах, как обжиг, плавка или тепловая обработка, используются **обжиговые печи**. Примерно половина промышленного использования тепла приходится на эти энергоёмкие процессы.

Несмотря на сложность и многообразие промышленных установок по производству тепла, в любом случае имеет смысл использовать даже небольшой потенциал для повышения энергосбережения и уменьшения выбросов. На рынке имеются эффективные установки по производству энергии, технологии по использованию отработанного тепла, техника автоматического регулирования и управления, а также системы для снижения потребностей в энергии. Переход от энергоносителей с высоким уровнем выброса $CO_2$ на возобновляемые источники энергии сможет обеспечить значительное снижение выбросов парниковых газов. Таким образом можно уменьшить и воздействие на окружающую среду таких веществ, как окислы азота и тонкодисперсная пыль.

**Потребности промышленности в теплоснабжении по отраслям экономики (в зависимости от уровня температуры [°C])[3]**




[1] Д-р Мартин Пент и др. «Использование промышленного отработанного тепла – технико-экономический потенциал и реализация в рамках осуществления энергетической политики», 2010 г.
[2] Международное энергетическое агентство. Новости «Экологически чистое и энергоэффективное тепло для промышленности», 23 января 2018 г. https://www.iea. org/newsroom/news/2018/january/commentary-clean-and-efficient-heat-for-industry.html
[3] IfEU/DLR/ZSW 2010

# Энергетическая оптимизация с системным подходом

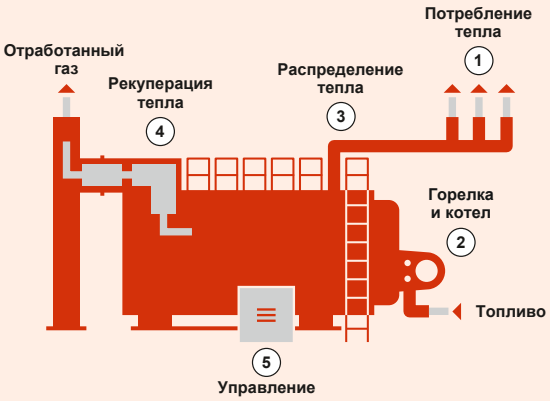
Система энергоснабжения состоит из теплогенераторов, системы распределения тепла (трубопроводы, насосы, распределяющие теплоносители в трубопроводной системе, тепловые аккумуляторы), а также теплообменников, подающих тепло для использования в технологических процессах и на установках. В теплогенераторах, работающих на газообразном или жидком топливе, используются горелки, в которых топливо сжигается в среде воздуха (кислорода), а горячие дымовые газы направляются на поверхности нагрева котла, где генерируется пар или нагревается вода. С помощью регулирования и управления всей установки в процессе эксплуатации обеспечиваются фактические потребности в теплоснабжении. При энергетической оптимизации все элементы системы должны рассматриваться через призму их энергоэффективности и влияния на энергоэффективность всей системы теплоснабжения.

## 1 Определение потребностей в тепле

Первым шагом при оптимизации системы теплоснабжения является определение или минимизация фактических потребностей в тепле при производстве, транспорте и распределении.

## 2 Оптимизация теплогенератора

Оптимизация теплогенератора является одним из основных мероприятий энергоэффективности. При централизованном теплопроизводстве с помощью отопительных котлов можно использовать, например, конденсационные водогрейные котлы и высокоэффективные горелки. Энергоэффективность обжиговых печей значительно повышается за счёт установки **энергоэффективных горелок**, оптимизированного управления и регулирования, а также улучшения термоизоляции. Благодаря использованию альтернативных технологий производства и преобразования – например, **одновременной выработки электроэнергии и тепла (холода), котлов для биомассы, солнечной тепловой энергии**, а также промышленных **тепловых насосов и использования отработанного тепла** можно снизить применение энергии, вырабатываемой за счет первичных энергоресурсов.




## 3 Оптимизация распределения тепла

Распределение тепла должно происходить при минимальных затратах энергии на транспорт и распределение, потерях тепла и давления. Это возможно за счёт:

- достаточной **термоизоляции** теплопроводящих строительных элементов – трубопроводов, арматуры и тепловых аккумуляторов;
- использования высокоэффективных **насосов (сетевых, подпиточных, циркуляционных)** для уменьшения расходов энергии на транспорт и распределение тепла;
- использования труб с пониженным коэффициентом шероховатости;
- использования **аккумуляторов тепла**. Они уменьшают необходимые мощности производства, выравнивают потребности в тепле и позволяют использовать отработанное тепло и источники возобновляемой энергии.

## 4 Использование рекуперации тепла

В промышленном производстве и использовании тепла большая часть расходуемой энергии превращается в пригодное для применения отработанное тепло (вторичная энергия). Его можно использовать для:

- рекуперации тепла, например, в **воздухоподогревателях, экономайзерах, котлах-утилизаторах**;
- **производства холода**, например, в абсорбционных холодильных установках;
- **производства электроэнергии**, например, на установках, работающих по циклу Ренкина (см. раздел 5);
- использования отработанного тепла за пределами производства, например, **для централизованного теплоснабжения**.

## 5 Адаптация управления и регулирования

Благодаря управлению и регулированию **горелок, котлов, циркуляционных насосов** эксплуатация теплогенераторов происходит в соответствии с фактическими потребностями в тепле.

**Каскадное регулирование работы нескольких котлов** обеспечивает, например, эксплуатацию только тех котлов, которые действительно необходимы.

# 2 Системный подход к энергетической оптимизации

Для эффективного использования потенциала энергоэффективности важно прежде всего рассматривать систему теплоснабжения как единое целое, а отдельные её элементы видеть в их взаимодействии. То есть ещё при проектировании системы необходимо провести анализ энергоэффективности всех её составляющих и её самой в целом. На существующих установках следует провести проверку отдельных элементов системы теплоснабжения в отношении их энергоэффективности и в случае необходимости заменить неэнергоэффективные узлы. При этом в связи с возможным взаимодействием между ними необходимо провести проверку и всей системы. В любом случае вначале надо минимизировать теплопотери и оптимизировать потребности в тепле.

## 2.1 Определение фактического состояния

Первым шагом при энергетической оптимизации является проведение детального анализа фактического состояния – энергопотребления, потребностей в теплоснабжении, а также установки теплоснабжения и её отдельных элементов. В это общее описание системы входят данные установки (название, тип, производитель, год выпуска, мощность, КПД и т. д.), а также её рабочие характеристики:

- целевое назначение установки;
- часы наработки/эксплуатации [час/год];
- режим частичной загрузки (длительность и уровень нагрузки);
- регулирование: отсутствие/ступенчатое; регулирование/регулирование частоты вращения;
- управление более высокого уровня: да/нет.

В таком описании отображаются и рабочие параметры процессов и установок (количество тепла, давление и температуры). На многих предприятиях известны данные только об общем энергопотреблении и отсутствуют данные о том, как оно распределяется по отдельным процессам и установкам. Тем не менее эти данные крайне необходимы для определения показателей теплопотребления процессов и установок в зависимости от температуры и времени.

**Оценка** проводится лучше всего **экспертом-специалистом**, например, **в рамках энергоаудита**. Для этого проводится измерение потребляемой мощности и потребностей в энергии для энергоснабжения, результаты которого сопоставляются с отраслевыми стандартами и показателями.

## 2.2 Определение потребностей

Следующим шагом является сопоставление результатов анализа фактического состояния и фактических потребностей в теплоснабжении. Непропорциональные размеры установок и их составляющих могут привести к ощутимому снижению их эффективности. Поэтому важно определить фактические потребности.

Источником значительного энергосбережения является снижение температурного уровня. Необходимо проверить, в каких процессах можно понизить уровень температуры теплоносителей, возможно, для этого надо адаптировать необходимые площади теплообменников. В качестве теплоносителя вместо пара рекомендуется использовать горячую воду, так как производство пара связано с высокими потерями.

В сложных системах с несколькими энергогенераторами и различными потребностями в тепле и, возможно, холоде важно согласовать между собой все тепловые потоки. Для этого можно использовать, например, Пинч-анализ. Данная методология поможет определить и реализовать наибольший потенциал использования отработанного тепла на предприятии.

В рамках **Пинч-анализа** выявляется и потенциал рекуперации тепла внутри процессов. Понижение необходимого температурного уровня часто создаёт предпосылку **для использования отработанного тепла**, эффективных теплогенераторов и применения источников возобновляемой энергии.

## 2.3 Оценка энергоэффективности

Энергоэффективность системы теплоснабжения зависит от эффективности всех используемых элементов в отдельности. Загрязнения и отложения на поверхностях теплообменников препятствуют теплообмену в котле; отсутствие, недостаточность или дефект термоизоляции ведут к ненужным теплопотерям; неадаптированный под потребности в тепле теплогенератор обусловливает повышенное энергопотребление. Поэтому для оценки энергоэффективности системы теплоснабжения необходимо провести анализ всех важных в плане энергопотребления элементов и осуществить оценку энергетического состояния.

Не менее важной является **проверка стратегии производства энергии**, имеющая большой потенциал энергосбережения. В зависимости от температуры, давления и потребностей может иметь смысл децентрализация производства тепла, если, например, различные приёмники тепла работают при разных температурах и имеют разные требования по давлению. В таком случае, возможно, следует использовать высокоэффективные низкотемпературные и регенеративные энергетические технологии. В других ситуациях целесообразной стратегией может оказаться централизация производства тепла.

Для расчёта параметров теплогенератора в системе **решающее значение всегда имеет точка потребления тепла с самым высоким уровнем температуры или давления**. Поэтому целесообразной может быть децентрализованная эксплуатация на одной из отдельных точек потребления с очень высоким давлением отдельного производителя. Благодаря этому можно исключить использование **непропорционально больших систем**, а также потери при распределении и связанную с ними неэффективность системы в целом.

## 2.4 Составление плана мероприятий

На основании анализа фактического состояния и оценки потенциала энергоэффективности составляется перечень возможных мероприятий по повышению энергоэффективности. Он должен включать в себя организационные мероприятия, эксплуатационные мероприятия (например, регулярные контроль и профилактическое обслуживание), а также инвестиционные мероприятия (например, установку экономайзера, изоляцию парового котла). Производится сравнение мероприятий в части возможности их реализации, соотношения расходов и пользы от них. Большую ценность имеют организационно-технические мероприятия, так как снижение энергоёмкости производства достигается за их счёт с минимальными сроками окупаемости и минимальными затратами.

План мероприятий включает в себя следующее:

- описание мероприятий по повышению энергоэффективности;
- ожидаемые сбережения и экономичность;
- оценка возможности реализации (например, осуществимо/неосуществимо по техническим и/или экономическим причинам);
- необходимые действия для реализации;
- установление ответственности;
- график реализации.

## 2.5 Контроль достигнутого успеха

В рамках контроля достигнутого успеха осуществляется сравнение поставленных целей из плана мероприятий с полученными результатами. Благодаря этому становится понятно, обеспечило ли проведение мероприятий ожидаемые уровни энергосбережения. При этом благодаря измерению энергопотребления (или рабочего времени и результатов) устанавливается актуальный фактический показатель. В случае, если намеченные цели оказываются недостигнутыми, вместе с экспертами необходимо провести анализ причин. После адаптации энергоэффективного мероприятия следует снова провести его оценку.

Для эффективной энергетической оптимизации теплоснабжения рекомендуется проведение постоянного процесса усовершенствования на основе регулярного контроля потребления и энергетических показателей.

Внедрение **системы энергоменеджмента** – наилучшая предпосылка для системного и постоянного повышения энергоэффективности на предприятии и роста его рентабельности.

# 3 Энергоэффективные теплогенераторы

Основой системы теплоснабжения является теплогенератор. Применение энергоэффективных горелочных устройств и котельных агрегатов, а также альтернативных технологий производства и преобразования энергии позволяет реализовать высокий потенциал энергоэффективности при превращении первичной энергии в тепловую энергию. Это не только экономит энергию, но и снижает выбросы в атмосферу.

## 3.1 Горелочные технологии

За счёт использования современных горелок, регулирования частоты вращения вентиляторов для подачи воздуха и управления горением можно сэкономить значительную часть используемого топлива и электроэнергии.

**Производство горячей воды и пара**

- **Модулирующие горелки** обеспечивают эффективное регулирование теплопроизводительности установок. Они нагревают котёл непрерывно, по мере необходимости повышая или снижая мощность. Диапазон модуляции номинальной мощности в зависимости от технологии, мощности котла и используемого топлива достигает уровня 1:5 и выше.
- **Регулирование частоты вращения двигателей вентиляторов горелочных устройств** является важным мероприятием на больших топочных установках. Благодаря эксплуатации с регулируемой частотой вращения можно значительно уменьшить потребление электроэнергии на двигателях горелок, а также продлить их эксплуатационный срок.
- На современных **многотопливных горелочных системах** с внутренней рециркуляцией отработанного газа применяется принцип ступенчатой подачи воздуха и топлива для сжигания в комбинированных системах. При этом одновременно существенно уменьшаются выбросы оксидов азота (NOx).
- Отвечающая современным требованиям **система управления и регулирования котельной установки** может обеспечить значительную экономию (см. Главу 6).

**Модулирующие горелки** стоят дороже, чем широко распространённые ступенчатые модели, но плавный механизм управления мощностью может значительно **снизить механические напряжения** в узлах котла и на стенках поверхностей нагрева и тем самым **продлить срок его службы и сэкономить затраты на энергию**.

**Использование в обжиговых печах**

- **Рекуперативные и регенеративные горелки** – это высокоэффективные горелки, использующие тепло отработанных газов непосредственно для подогрева первичного воздуха и улучшения процесса горения. В **рекуперативной горелке** используется теплообменник, который с помощью горячего отработанного газа подогревает воздух, предназначенный для сгорания, до температуры 550 – 600 °C. В **регенеративной горелке** попеременно используются две горелки. При использовании первой горелки горячий отработанный газ отсасывается через вторую горелку и проходит через регенератор (накопитель тепла). При этом отработанный газ отдаёт 85 – 90 % тепла регенератору. После определённого времени горения система переключается на вторую горелку. При эксплуатации в температурном режиме от 800 до 1 500 °C такая технология обеспечивает **экономию топлива до 60 %** по сравнению с горелками без регенерации тепла.
- **Беспламенное окисление** (FLOX®) – это высокоэффективная горелочная технология, позволяющая соблюдать жесткие требования к выбросам NOx и при высоких температурах первичного подогрева воздуха для сгорания. Беспламенное (объёмное) горение достигается за счёт значительного предварительного смешения топливной смеси с дымовыми газами и подачи воздуха при температурах выше температуры самовозгорания топлива.
- В **высокоскоростных или высокоимпульсных горелках** за счёт высокой скорости истечения горючих газов обеспечивается высокое перемешивание в камере сгорания, благодаря чему осуществляется равномерное распределение температуры. Поэтому эти горелки имеют более высокий КПД, чем обычные.
- При **сгорании чистого кислорода** температура сгорания и теплотехнический КПД значительно выше, чем при сгорании воздуха. К тому же при сгорании чистого кислорода уменьшается объём потока отработанного газа, так как в горящем газе не содержится балласт в виде азота. Это значительно уменьшает потери отработанного газа и предотвращает образование NOx.

## 3.2 Котельные технологии

Выбор правильной котельной технологии и соблюдение предписаний по её эффективному использованию являются первыми шагами к энергоэффективному теплоснабжению предприятия.

**Паровые котлы с большим водяным объёмом**
Котлы с большим водяным объёмом отличаются значительным водосодержанием и паровым пространством. Эта конструкция обладает хорошими аккумулирующими способностями, поэтому даже при колебаниях нагрузки может быть обеспечено стабильное пароснабжение. Котлы с большим водяным объёмом особенно хорошо подходят для производства малого и среднего количества пара – до 55 тонн/час при среднем давлении до 30 бар и приблизительных температурах до 300 °C. В этом рабочем диапазоне они имеют наилучший КПД, не требуют частого обслуживания и могут эксплуатироваться с минимальными общими издержками.

**Скоростные парогенераторы**
Скоростной парогенератор требует очень мало воды. Он отличается быстрой подготовкой к производству пара и низкими потерями энергии при пуске и остановке. Недостаток заключается в том, что произведённый пар имеет относительно высокое содержание воды. Скоростные парогенераторы применяются прежде всего там, где нет высоких требований к качеству пара. В связи с низкой инерционностью скоростные парогенераторы необходимо очень точно адаптировать к фактическим потребностям в паре, так как иначе они слишком часто будут использоваться в разных режимах – в рабочем и в режиме холостого хода. А это наряду с энергопотерями ведёт к изнашиванию и загрязнениям.

**Паровой водотрубный котёл**
Водотрубные котлы используются, как правило, для производства очень больших объёмов пара – более 200 тонн/час при высоких температурах – свыше 300 °C и давлении пара до 300 бар. Данные требования неприемлемы по отношению к котлам с большим водяным объёмом. КПД водотрубных котлов несколько ниже КПД котлов с большим водяным объёмом, они меньше подходят для эксплуатации с изменениями нагрузки и требуют тщательного технического обслуживания.

**При выборе парового котла рекомендуется** остановиться на котле с достаточно большой ёмкостью. В большинстве случаев котлы с большим водяным объёмом предпочтительнее скоростных парогенераторов. В связи с высоким водосодержанием может образовываться энергетический буфер, способный выравнивать колебания в расходе пара. В случае, если технологические процессы требуют сделать выбор между котлами с большим водяным объёмом и водотрубными котлами, следует учесть, что первые, как правило, являются более дешёвой альтернативой.

**Газотрубные водогрейные котлы**
Дымовые газы после сгорания топлива в газотрубном котле проходят внутри труб конвективной поверхности нагрева, а вода снаружи труб. Эти водогрейные котлы широко используются в отопительных котельных, заменяя громоздкие чугунные котлы, имеют довольно простую конструкцию и не требуют больших материальных затрат на установку и эксплуатацию. Использование газотрубных котлов с газовой топкой, автоматическими горелочными устройствами, оснащенных воздуходувными вентиляторами, позволяет работать без дымососов с контролируемыми параметрами горения при переменных нагрузках, поддерживая высокую эффективность более 90 %. Газотрубные котлы имеют тепловую мощность до 20 МВт.

**Водотрубные водогрейные котлы**
Движение воды в водотрубном котле осуществляется внутри труб поверхностей нагрева, а продукты сгорания топлива движутся снаружи труб. Развитие водотрубных водогрейных котлов средней тепловой мощности (до 200 МВт) происходит за счёт усовершенствования их конструкций. Оно направлено прежде всего на выполнение требований по экономичности (повышение эффективности сжигания топлива) и экологичности (снижение выбросов вредных веществ). Современные водотрубные котлы обеспечивают высокую степень манёвренности, широкий диапазон регулирования, повышенный уровень автоматизации, возможность сжигания широкого спектра разных видов топлива. Использование высокоэффективных поверхностей нагрева и низкотоксичных горелочных устройств, современных топочных устройств и способов сжигания топлива, новейших достижений микропроцессорной техники позволяет достичь КПД более 90 % при сжигании газа.

**Конденсационные водогрейные котлы**
В системах отопления, где теплоносителем являются пар и горячая вода, наряду с классическими отопительными котлами с высокими температурами уходящих газов (100 – 160 °C) сегодня всё чаще используются конденсационные водогрейные котлы. Эти котлы возвращают содержащееся в уходящих газах тепло через дополнительные площади теплообменника. Это тепло может использоваться, например, для предварительного нагрева воды в системе горячего водоснабжения или питательной воды для котлов. В связи с этим температура уходящих газов в конденсационных водогрейных котлах гораздо ниже. Конденсационные водогрейные котлы прежде всего представляют интерес для использования в установках с относительно высокой мощностью и для технического перевооружения уже эксплуатируемых установок.

На промышленных котельных установках по большей части используется тепло уходящих газов с температурой более 100 °C. В дополнительном теплообменнике происходит снижение температуры дымовых газов до температуры конденсации водяных паров, это тепло полезно используется в теплообменнике, а оставшееся тепло, как правило, выводится через трубу в качестве потерь отработанных газов. Конденсационное тепло можно, как правило, без проблем использовать на новых установках. Коррозионностойкие материалы в теплообменниках, а также влагоустойчивые газоходы и дымовые трубы позволяют делать это без ущерба для материала.

Техника максимального использования теплоты сгорания топлива преимущественно применяется на водогрейных котлах. И напротив, в водогрейных котлах высокого давления использование конденсации отработанных газов возможно лишь при наличии низкотемпературного контура циркуляции.

Самый высокий потенциал для применения в технике максимального использования теплоты сгорания топлива имеет природный газ. В отличие от других видов топлива он имеет самое высокое содержание водяного пара в отработанных газах, самую высокую точку росы отработанных газов, которые практически не содержат сажу и серу. Эту технику можно рекомендовать и для работы на мазуте, но только с низким содержанием серы. Малосернистый мазут может обеспечить безаварийную и эффективную работу котлов.

Для **ограничения теплопотерь при производстве энергии** ещё при разработке концепции установки необходимо предусмотреть минимальные самопроизвольные теплопотери и наличие достаточно больших ёмкостей. На существующих установках потери можно уменьшить, очистив поверхности нагрева и устранив течи в камере сгорания.

## 3.3 Когенерация

**Комбинированная выработка электрической и тепловой энергии (когенерация)** предусматривает производство электроэнергии с одновременным использованием вырабатываемого при этом тепла. Этот принцип применяется и в компактных установках по производству тепловой и электрической энергии, используемых в промышленности. Экономическим

и экологическим преимуществами собственного производства электроэнергии является сокращение потребностей в электроэнергии от других производителей, благодаря чему исключается выработка электроэнергии на больших неэффективных электростанциях. Возникающее при производстве электроэнергии отработанное тепло используется в качестве технологического тепла, для отопления помещений или нагрева воды.

Условием экономичной эксплуатации когенерационной установки являются круглогодичные потребности в электроэнергии и тепле. Исходя из экономичной и технологической точек зрения, рекомендуется разрабатывать концепции когенерационных установок в качестве базисных систем снабжения. В качестве пиковых и резервных котлов по большей части используются отопительные котлы.

На установках по **комбинированному производству электроэнергии, тепла и холода (тригенерация)** часть выработанного тепла используется для производства холода. Для этого компактная установка выработки тепловой и электроэнергии комбинируется с тепловой холодильной установкой (абсорбционной холодильной машиной). За счёт этого снижается доля энергозатратного производства холода с помощью компрессионных холодильных машин.

Основным преимуществом тригенерационной системы по сравнению с раздельным производством электроэнергии и тепла является производство того же количества энергии за счет гораздо меньшего количества топлива. Также она позволяет увеличить продолжительность времени, в течение которого система может работать с максимальной эффективностью. В холодное время года система способна использовать утилизированную энергию для отопления, а в тёплое – для охлаждения.

**Схема турбинной когенерационной установки**

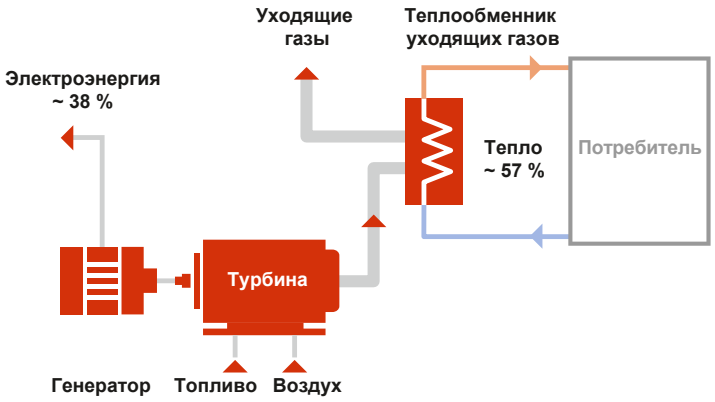
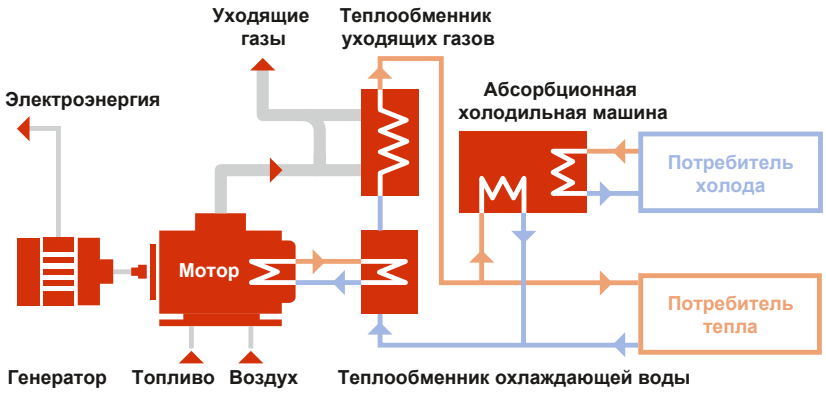



**Схема установки для комбинированного производства электроэнергии, тепла и холода**



## 3.4 Тепловые насосы

Тепловой насос может повышать температуру отработанного тепла или тепла окружающей среды (земли, воды или воздуха) с низкого температурного потенциала на более высокий уровень. Благодаря этому тепло окружающей среды или отработанное тепло можно использовать для отопления, горячего водоснабжения или в качестве тепла для технологических нужд. Как правило, тепловые насосы работают от электричества, но есть и газовые варианты.

Для отопления зданий применяются **низкотемпературные тепловые насосы**. Они могут использовать тепло воздуха, грунтовых вод, земли или отработанное низкопотенциальное тепло, обеспечивая **максимальные температуры до 65 °C**. Предпосылкой для энергоэффективной эксплуатации установок является небольшая разница между температурами источника тепла и потребителя тепла.

**Высокотемпературные тепловые насосы** обеспечивают возможность повышения температуры неиспользуемого промышленного отработанного тепла на более высокий уровень. С их помощью возможно получение тепла для отопления помещений или для технологических нужд. Высокотемпературные тепловые насосы, работающие по принципу паровых компрессионных холодильных технологий, на сегодняшний день могут достигать температур **от 80 до максимум 95 °C**.

**Двухступенчатые и каскадные системы** обеспечивают более высокие температуры и могут производить пар. Но при этом за счёт дополнительных ступеней теплового насоса повышается его стоимость и снижается его эффективность в целом.

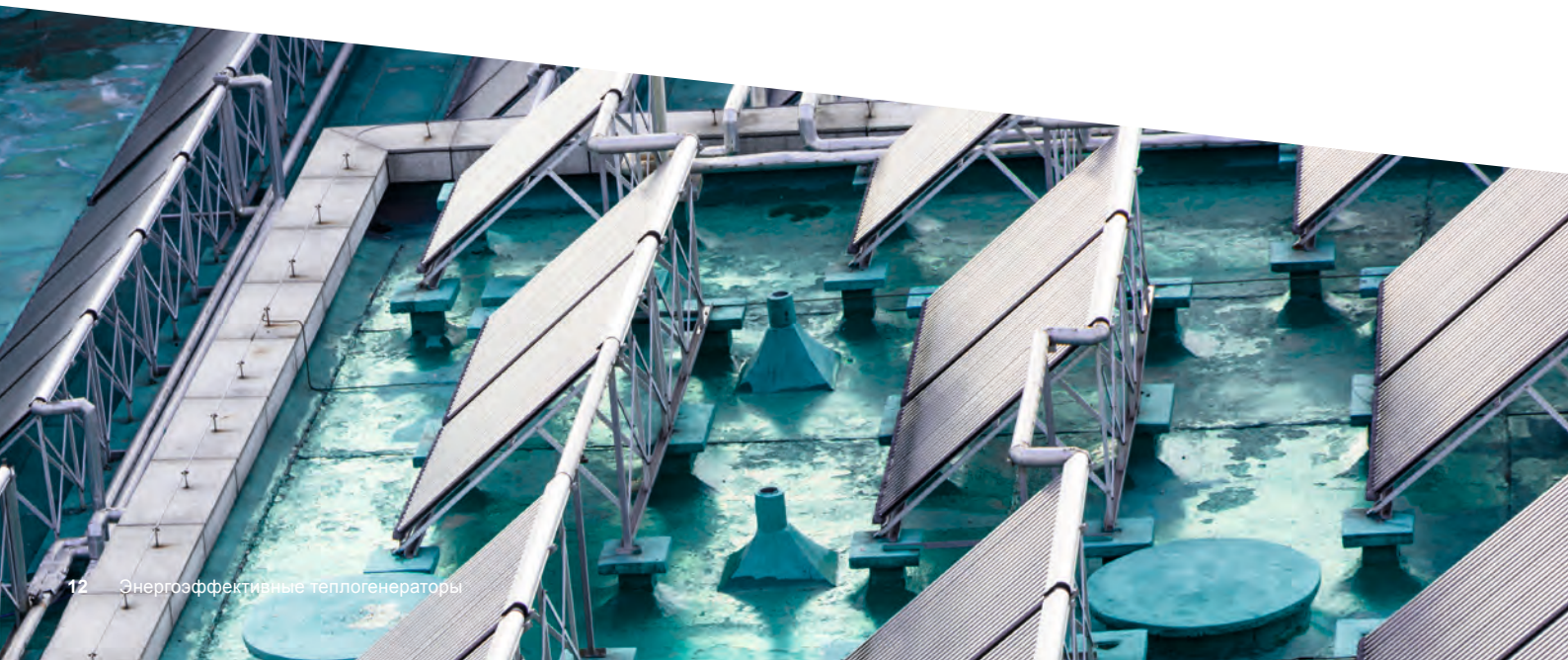
Технологический пар, получаемый на открытых или полуоткрытых теплонасосных установках (температурные и механические компрессоры отработанного пара), может использоваться непосредственно как рабочая среда, его давление и температура могут повышаться на более высокий уровень. При температуре источника **от 70 до 80 °C** данные тепловые насосы могут производить технологический пар или технологическое тепло на уровне температур **до 200 °C**.

Для положительного энергетического баланса **теплового насоса с электроприводом** значение среднего годового **коэффициента преобразования (трансформации энергии) ТНУ** должно составлять не менее **3,0**.

## 3.5 Солнечная тепловая энергия

Тепловые солнечные установки используются прежде всего для получения технологического тепла с **максимальным уровнем температуры 120 °C**. Прямое комбинирование солнечного тепла с технологическими процессами подходит для горячего водоснабжения, обогрева помещений, очистных работ, сушки, дистилляции, пастеризации и т. д. Система солнечной тепловой энергии должна подключаться к имеющейся системе теплоснабжения при минимальной температуре, так как КПД солнечных коллекторов (всех известных технологий) с повышением температуры понижается.

В отличие от других источников тепла **солнечная тепловая энергия не всегда доступна**. Это необходимо учитывать при планировании. В зависимости от необходимости и системы теплоснабжения предприятия могут потребоваться дополнительные промежуточные ёмкости **(аккумуляторы)**.



# Пример. Реконструкция котельных на компрессорных станциях АО «Интергаз Центральная Азия»

В 2015 г. АО «Интергаз Центральная Азия», осуществляющее эксплуатацию и техническое обслуживание газотранспортной системы Казахстана, произвело реконструкцию котельных на 4 компрессорных станциях с целью повышения надёжности обеспечения объектов компрессорных станций тепловой энергией, энергосбережения и снижения эксплуатационных затрат.

Перед реконструкцией из-за отложений шлама и накипи на поверхностях теплообмена, выработки рабочих ресурсов коэффициент полезного действия (КПД) снизился до 50 %. В связи с уменьшением площадей поверхностей теплообмена, для поддержания заданного гидравлического и температурного режимов в работу стали включаться по несколько котлов, что привело к увеличению потребления топливного газа. Кроме того, увеличилось число отказов, неисправностей водогрейных котлов, что приводило к перебоям в теплоснабжении.

В 4 котельных морально и физически изношенные водогрейные котлы были заменены современными, экономичными (с КПД до 95 %) низкотемпературными котлами. Установленные котлы оборудованы автоматизированными горелками и контроллерами, осуществляющими автоматический пуск и остановку котла, регулировку отпуска топлива согласно заданному температурному режиму, а также защиту при аварийных режимах. Так, в проекте применены энергоэффективные сетевые насосы с электродвигателями меньшей мощности. В настоящее время котельные работают в режиме 1 – основной и 1 – резервный котёл. Основной котёл фактически потребляет топливный газ ниже проектного значения на 10 %.

**Экономия топливного газа: 1 436 тыс. м$^3$/год**

**Экономия электроэнергии: 227 тыс. кВт·ч/год**

**Экономия затрат: 25 401 тыс. тенге/год**

Источник: АО «Интергаз Центральная Азия»

# 4 Энергоэффективное распределение тепла

Потенциал экономии при распределении тепла часто недооценивается. Благодаря малозатратным мероприятиям энергопотери в системе могут быть существенно снижены. Оптимальная прокладка трубопроводов, использование высокоэффективных циркуляционных насосов, регулярные проверка и оптимизация изоляционных слоёв на трубопроводах, арматуре и теплопроводящих элементах относятся к простым мероприятиям, которые следует принять в расчёт как при новом строительстве, так и при оптимизации существующих сооружений.

## 4.1 Трубопроводы

В общем и целом **местоположение** теплоисточника и **прокладку трубопроводов** следует планировать так, чтобы не приходилось создавать излишне длинные коммуникации. Благодаря этому уменьшаются инвестиционные затраты на систему трубопровода и энергопотери.

Выбор **диаметра трубопровода** также имеет решающее значение. Расходы на прокладку трубопровода возрастают практически прямо пропорционально с увеличением диаметра. В то же время потери от трения в трубопроводе уменьшаются в 16 раз при увеличении диаметра в два раза. Впрочем, выгоду из этого можно извлечь лишь на очень длинных трубопроводах, через которые постоянно идут потоки. В более компактных системах преобладающее влияние имеет арматура.

## 4.2 Тепловые аккумуляторы

С помощью тепловых аккумуляторов можно развести во времени потребление тепла и производство тепла, оптимизировать режим работы теплогенератора, а также наладить использование источников возобновляемой энергии и отработанного тепла.

Тепловые аккумуляторы уменьшают пиковую нагрузку систем теплоснабжения и повышают долю основной нагрузки. В процессах с явно выраженными временными пиковыми нагрузками системы производства тепла могут быть настроены на средний уровень мощности. Аккумулятор разряжается в периоды с высоким уровнем теплопотребления, в то время как при снижении теплопотребления происходит накопление тепла в тепловом аккумуляторе. Таким образом, несмотря на колебания расхода, теплогенератор может эксплуатироваться равномерно в оптимальном рабочем режиме.

В качестве резервных ёмкостей в системах индивидуального теплоснабжения и небольших локальных промышленных объектов чаще всего используются недорогие буферные тепловые аккумуляторы. Для систем централизованного теплоснабжения от ТЭЦ или котельных, для систем теплоснабжения крупных промышленных предприятий используются металлические баки аккумуляторы большой ёмкости.

В других типах аккумуляторов применяется теплоаккумулирующая способность различных видов твёрдой среды – керамики, камня, земли. Для особых видов использования существуют аккумуляторы скрытой теплоты или фазовые аккумуляторы, а также сорбционные или термохимические аккумуляторы.

## 4.3 Насосы

Если пар проходит по трубопроводу самостоятельно за счёт перепада давления, то горячая вода распределяется с помощью насосов. При оптимизации распределения по системе трубопроводов и использовании высокоэффективных насосов можно сэкономить до 30 % электроэнергии.

В связи с этим рекомендуется вначале ознакомиться с параметрами системы подачи – уровнем напора, расхода, а также давлением и температурой. При проектировании системы трубопроводов следует избегать использования непропорционально больших насосов.

У большинства современных насосов имеется регулирование частоты вращения, поэтому в комбинации с элементами регулировки и управления они адаптируются к колебаниям в количестве подаваемой среды.

## 4.4 Тепловая изоляция

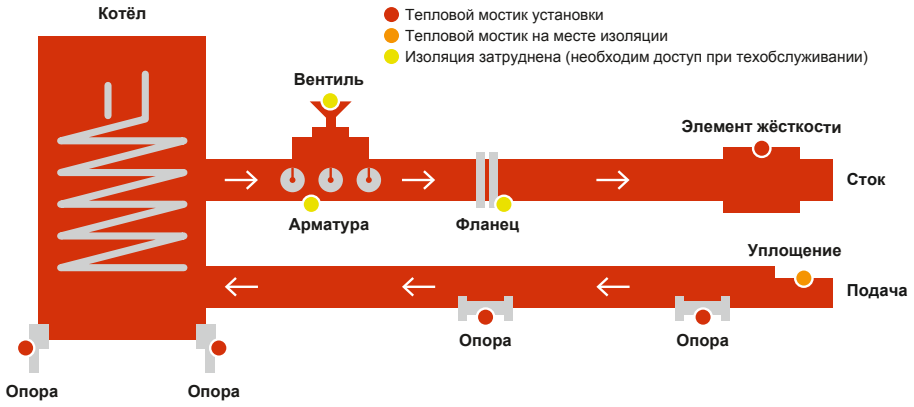
Значительная часть транспортируемой энергии часто теряется через теплопроводящие строительные элементы, например, через трубопроводы. Такие строительные элементы, как фланцы, арматура и вентили на многих предприятиях остаются неизолированными. Примеры из практики говорят о том, что хорошо спланированные и грамотно проведённые мероприятия по изоляции на производственно-технических установках могут обеспечить до 80 % экономии энергии от потерь. Рекомендуется **100-процентная изоляция, при которой толщина изолирующего материала соответствует внутреннему диаметру трубы**. В случае относительно большой разницы в температуре слой изоляции[4] должен быть в два раза толще.

Для использования потенциала энергосбережения необходимо проанализировать теплопотери всей установки. При этом большую роль играют такие закладные детали, как **фланцы, арматура и вентили**. Поэтому, несмотря на сложности с их изолированием, они должны быть оптимизированы с учетом энергоэффективности.

Даже **умеренное увеличение изоляционного слоя** обеспечивает значительную экономию энергии, расходов и снижает выбросы. Также рекомендуется **регулярно проверять изоляцию** установок, чтобы в случае необходимости провести оптимизацию или идентифицировать повреждённые участки.

При выборе теплоизоляции для тепловых сетей особую роль играют температурные характеристики теплоносителя, а также тип прокладки трубопроводов. Для трубопроводов тепловых сетей подземной бесканальной прокладки рекомендуется применять предварительно изолированные в заводских условиях трубы с гидроизоляционным покрытием.

**Возможные точки, подлежащие изолированию в производственной системе теплоснабжения**




[4] Касается изоляционных материалов с коэффициентом теплопроводности λ = 0,035 Вт/(м•К).

# 5 Энергоэффективное использование отработанного тепла

Существенная часть используемой в тепловых и технологических процессах энергии в промышленности сбрасывается в виде отработанного тепла (теплопотерь). Это происходит на производственных установках, двигателях, через технологическое тепло и отработанную воду, а также на установках для выработки сжатого воздуха, кондиционирования воздуха и холодильных установках. С помощью энергоэффективных технологий значительная часть отработанного тепла может быть возвращена в технологические процессы, благодаря чему намного уменьшатся потребности предприятия в энергии.

Достаточно большое количество отработанного тепла можно экономично и рационально интегрировать в процессы, потребляющие тепло – напрямую или опосредованно.

**Непосредственное использование отработанного тепла** зачастую является простейшим и наименее затратным в конструктивном плане вариантом. В случае получения отработанного тепла при определённом технологическом процессе оно может быть снова использовано в том же процессе или на той же установке. Для этого часто применяются теплообменники. Такая форма использования отработанного тепла называется также **рекуперацией тепла**, она применяется преимущественно для предварительного нагрева воздуха, поступающего в камеру сгорания, свежей воды, а также для предварительного нагрева и сушки материалов. В случае, если прямое использование отработанного тепла не представляется возможным, следует попытаться найти **внутрипроизводственное применение отработанного тепла** при максимальном уровне температуры в других процессах, для отопления помещений или горячего водоснабжения. Если же температура предназначенного для использования тепла недостаточна, уровень температуры отработанного тепла можно повысить с помощью тепловых насосов. **За пределами предприятия**, возможно, найдутся другие возможности применения, например, закачка в сети централизованного теплоснабжения или передача соседнему предприятию. Кроме этого, излишнее отработанное тепло можно превратить в другие виды полезной энергии – **холод или электроэнергию**.

## Источники отработанного тепла

**Технологический отработанный воздух**
От 30 до 90 % отработанного тепла можно использовать для подогрева первичного воздуха, для отопления или получения технологического тепла.

**Холодильные установки/системы охлаждения**
От 35 до 95 % отработанного тепла можно использовать для получения технологического тепла.

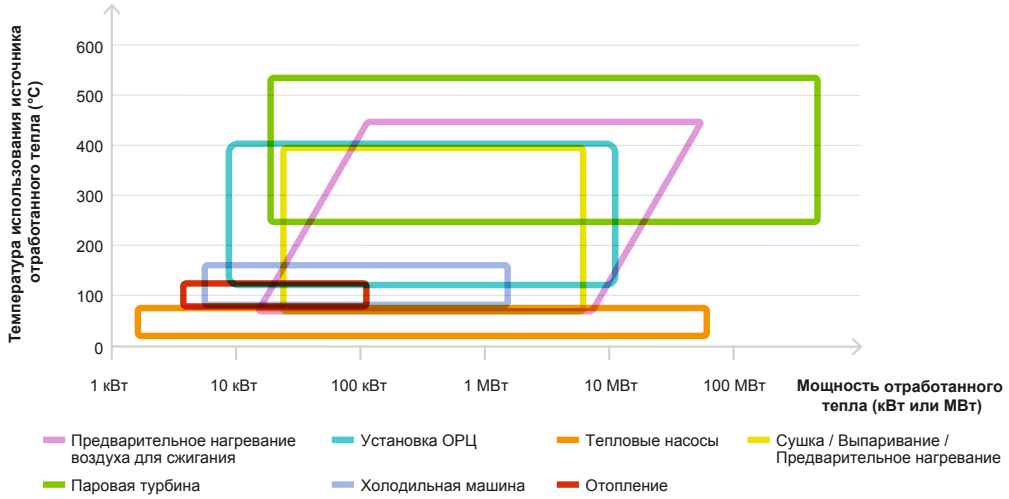
**Производство сжатого воздуха**
До 90 % мощности электропривода пневматического компрессора пригодны для отопления или подогрева технической воды.

**Центральная система кондиционирования**
От 35 до 90 % отработанного тепла можно рекуперировать для подогрева первичного воздуха.

Неиспользованное внутри предприятия **отработанное тепло можно передать** третьим лицам, например, **соседним предприятиям, или закачать в сеть централизованного теплоснабжения**. Таким образом промышленные предприятия могут обеспечить себе долгосрочный доход вместо того, чтобы давать уходить отработанному теплу с дополнительными энергозатратами, например, через градирню. Нельзя забывать, что при использовании отработанного тепла за пределами предприятия возникают потери в связи с его транспортировкой. Кроме того, такое использование требует наличия дополнительной инфраструктуры для транспортировки (например, трубопроводов для децентрализованного или централизованного теплоснабжения).

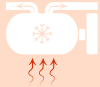
**Принцип действия рекуперации тепла**
Через теплообменник отработанное тепло может напрямую или опосредованно (через промежуточную среду) подаваться для использования в другом процессе. Для этого температура источника отработанного тепла должна быть выше температуры точки его потребления. В целом чем выше температура отработанного тепла, тем больше оправдывает себя рекуперация. Для снижения потерь при транспортировке и аккумулировании рекомендуется использовать потенциал тепла для потребителей, которые находятся поблизости и по возможности напрямую. В случае, если одновременное использование оказывается невозможным, необходимо рассмотреть возможности аккумулирования в целях сохранения отработанного тепла. Чем больше расстояние между источником и потребителем тепла, тем важнее наличие эффективной изоляции на всех трубопроводах.

**Источники и возможности использования отработанного тепла**



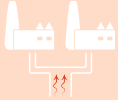

## Приемники отработанного тепла и возможности его использования

**Производство электроэнергии**
Отработанное тепло мощностью 500 кВт позволяет получить электрическую мощность 50 кВт (основание: система ORG с КПД 10 %).



**Производство холода**
Отработанное тепло мощностью 20 кВт позволяет получить холодопроизводительность мощностью 12 – 15 кВт (основание: абсорбционная холодильная машина с коэффициентом мощности 0,6 – 0,75 кВТ).

**Отопление помещений и подготовка горячей воды**
В зависимости от потребности в тепле использование отработанного тепла может заменить систему отопления и подготовки горячей воды.



**Внешнее использование**
Достаточное количество отработанного тепла температурой около от 90 °C может подаваться в систему локального или центрального теплоснабжения, а также питать соседнее предприятие.

**Рекуперация тепла из отработанных газов**
Рекуперация тепла из отработанных газов может значительно повысить энергоэффективность топочных установок, генерирующих в связи с производственными процессами отработанные газы высокой температуры и имеющих продолжительное время работы в течение года. В этой связи особенно выгодно её использовать при производстве пара и горячей воды, в печах, сушилках или в газовых турбинах. При такой технологии в теплообменнике утилизируется часть тепла и передаётся теплоносителю – воде или воздуху. Благодаря этому тепло может использоваться другими процессами в другом месте, например, для предварительного подогрева воздуха, поступающего в камеру сгорания, для нагрева воды для хозяйственных нужд или технической воды, а также для подачи тепла в рециркуляцию подогрева.

**Экономайзер и теплообменник-конденсатор**
Экономайзер – это теплообменник для подогрева за счёт отработанных газов, в котором уходящие из котла газы используются для нагрева питательной котловой воды, воды для системы отопления или хозяйственных нужд. При подключении к экономайзеру теплообменника-конденсатора (называемого также конденсатором отработанных газов) температура отработанных газов может быть понижена ниже уровня конденсации водяных паров. Благодаря этому теплота конденсации содержащегося в газах водяного пара может полезно использоваться. В подключенном теплообменнике-конденсаторе тепло отработанных газов может использоваться для предварительного нагрева сырой воды перед её дальнейшим нагреванием до более высоких температур. Рекуперация тепла с помощью экономайзера и теплообменника-конденсатора может повысить КПД на 5 – 12 %.

**Котёл-утилизатор**
Котлы-утилизаторы используют тепло отработанных газов (называемых также дымовыми газами) процессов сгорания или горячих потоков вытяжного воздуха для производства горячей воды или пара. При этом горячий отработанный газ проходит через пучок труб, отдавая своё тепло находящейся в корпусе котла воде.

**Предварительный подогрев воздуха для сжигания**
В воздухоподогревателе за счёт остаточной энергии горячих отработанных газов происходит предварительный подогрев воздуха, поступающего в камеру сгорания или топку котла для сжигания. Рекуперация тепла с помощью воздухоподогревателя может повысить теплотехнический КПД до 5 %. Предварительный подогрев воздуха для сжигания может осуществляться и за счёт отработанного тепла из компрессорных установок или из котельной.

При **модернизации отопительного котла** всегда следует **учитывать возможность использования отработанного тепла**. При замене существующего теплогенератора современной энергоэффективной моделью можно сэкономить 10 – 15 % энергии. При оптимизации всей системы (с учётом снижения потерь или использования отработанного тепла) количество сэкономленной энергии можно увеличить в 2 и даже в 3 раза.

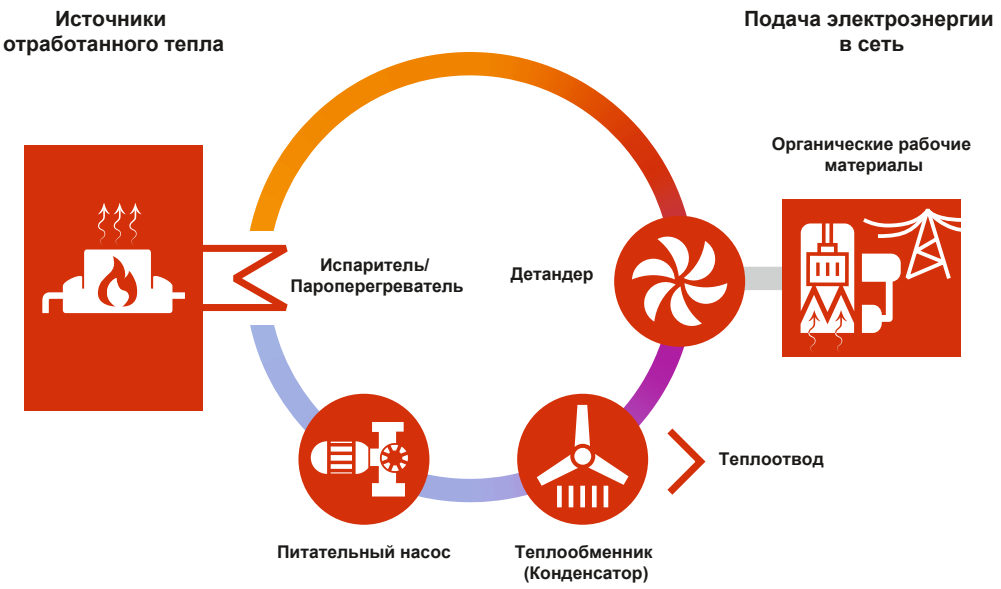
Энергоэффективное использование отработанного тепла даёт **наилучшие результаты** в случае принятия во внимание всех процессов. Эффективнее всего отработанное тепло используется при образовании **температурных каскадов**. В различных областях в целях использования тепла или тёплой воды по потребностям применяются **тепловые аккумуляторы**.

## Факторы, влияющие на выбор технологий

Любой вариант использования отработанного тепла необходимо проверять на возможность его технической реализации и экономичность. Некоторые факторы особенно важны.

- Использование отработанного тепла с **высоким уровнем температур** особенно выгодно: чем выше уровень температуры, тем эффективнее утилизация отработанного тепла. В противном случае необходимо прибегать к дополнительным механизмам повышения температуры, например, с помощью циркуляционных насосов.
- По возможности отработанное тепло должно быть **постоянно в наличии**.
- **Долгий процесс эксплуатации** установки на протяжении года позитивно влияет на экономичность.
- В иных случаях требуется использование аккумуляторов тепла в качестве накопителей, а также резервных ёмкостей.

**Органический цикл Ренкина (ОРЦ)**




**Генерирование электроэнергии с помощью отработанного тепла**

В зависимости от уровня температуры и количества тепла для генерирования электроэнергии из отработанного газа используются паровые турбины или установки, работающие по органическому циклу Ренкина. Органический цикл Ренкина (ОРЦ) – это термодинамический цикл. Поток тепла подаётся через теплообменник для выпаривания органической жидкости в качестве рабочего вещества. Пар используется для запуска расширительной машины, производящей через генератор электроэнергию. Конденсатор охлаждает среду, превращает её в жидкость и снова подаёт её на процесс выпаривания. По циклу Ренкина для выпаривания органической жидкости в сравнении с паровым процессом можно работать при относительно низких температурах.

Так, для данного процесса можно использовать отработанное тепло с температурами от 75 °C. На протяжении десятилетий цикл Ренкина широко применяется прежде всего в области геотермии или использования биомассы. В равной степени этот метод можно применять и на промышленных предприятиях, так как после утилизации тепла часто ещё остаётся неиспользованный потенциал отработанного тепла. Крупные установки, эксплуатация которых осуществляется по циклу Ренкина, работают на мощности до 25 МВт. Впрочем, следует учесть, что электрический коэффициент полезного действия этих установок, составляющий 10 – 20 %, меньше коэффициента полезного действия паровых установок (свыше 25 %).

- **Имеющееся в наличии количество энергии** от источника отработанного тепла должно как минимум быть таким же, как потребности в энергии или превышать их.
- Использование отработанного тепла **жидкой среды** (охлаждающей воды) возможно с меньшими капитальными издержками, т. е. с меньшими инвестициями, чем использование отработанного тепла **газообразной среды (отработанного воздуха)**.
- **Собранное в текучую среду отработанное тепло** может (например, в виде струи отработанных газов) использоваться проще и рациональнее, чем **рассеянное отработанное тепло**. Его легче исключить с помощью изоляционных мероприятий.

# 6 Регулирование, управление и контроль

С помощью управления и регулирования мощность многих элементов, входящих в системы теплообразования (например, горелки, котлы или насосы), можно адаптировать к фактическим потребностям, тем самым обеспечив более высокую энергоэффективность. Кроме этого, за счёт управления и регулирования на более высоком уровне можно оптимизировать энергоэффективность системы, состоящей из нескольких теплогенераторов.

**Регулирование горелки**

С помощью **модулирующей эксплуатации или эксплуатации с регулированием скорости вращения** горелки могут использоваться целенаправленно в области частичных нагрузок, что исключит необходимость регулирования частичной нагрузки за счёт включения и выключения горелки. Кроме того, благодаря применению горелочных двигателей с регулированием скорости вращения при колебаниях мощности может быть обеспечен значительно более низкий рабочий диапазон. Благодаря этому можно избежать не только ненужных отключений горелок, но и минимизировать охлаждение котла при предварительной аэрации. Это **снижает потребление топлива и соответствующие расходы на 2 – 10 %**. Потребление электроэнергии и расходы существенно уменьшаются и за счёт регулирования скорости вращения нагнетателя.

В **обжиговых печах** можно использовать модельно-управляемое ведение технологических процессов в печи, применяемое практически во всех типах печей, особенно – в широко распространённых небольших нагревательных печах. Управление основано на измерении основных параметров процесса. Благодаря этому ведение процессов в печи постоянно адаптируется к конкретным условиям производства. **Потенциал экономии: до 15 % затрат на энергию печи**.

**Регулирование отработанных газов при производстве пара и горячей воды**

В зависимости от топлива и конструкции установки горелки эксплуатируются с нормируемым избытком воздуха в количестве от 5 до 20 %. Если же в процессе горения подаётся излишнее количество воздуха, то содержащийся в воздухе кислород не участвует в сгорании, теплота сгорания топлива затрачивается на нагрев лишнего воздуха, возникают потери тепла. Их можно уменьшить с помощью **регулирования $O_2$**, в рамках которого происходит постоянное измерение части $O_2$ в находящемся в котле отработанном газе и регулируется подача воздуха. Система регулирования позволяет корректировать соотношение топливо-воздух в зависимости от температуры наружного воздуха (лето и зима) и барометрического давления. **Таким образом КПД повышается до 3 %**. При **регулировании CO в дымовых газах** содержание остаточного кислорода может быть снова понижено до уровня ниже процентного содержания по объёму, что **обеспечит дополнительное повышение КПД до 1 %**. Такое регулирование целесообразно только при использовании газообразных видов топлива, так как при применении жидких видов ещё до проведения замеров может образоваться нагар, влияющий на их результаты.

**Регулирование частоты вращения насосных приводов**

Имеет смысл регулярно проверять, как работает регулирование частоты вращения насосных приводов. Циркуляционные насосы с регулированием скорости вращения подходят, например, для ситуаций, когда при эксплуатации летом в системе циркуляции перекачивается меньшее количество воды, чем зимой. В насосах для питания котлов, подающих на парогенератор питательную воду, насос с регулируемой частотой вращения должен обеспечивать постоянное поддерживание необходимого давления в котле. Уровень экономии в этом случае зависит от времени, которое установка эксплуатируется при частичной нагрузке.

**Управление и регулирование более высокого уровня**

С помощью **управления котлов с последовательным порядком выполнения операций** при производстве пара и горячей воды в системе постоянно обеспечивается транспортировка строго необходимого потока тепла. Для этого необходимо задействовать оптимальное для производства количество котлов с адаптированной мощностью (управляется регулированием числа оборотов вентилятора горелки). Система управления не только уменьшает нагрузку на горелки и регулирует пусковые процессы горения – также она может корректировать нарушения и возникновения

нестабильности в работе. Благодаря этому эксплуатация отопительных котлов всегда осуществляется с оптимальной нагрузкой и с оптимальным КПД.

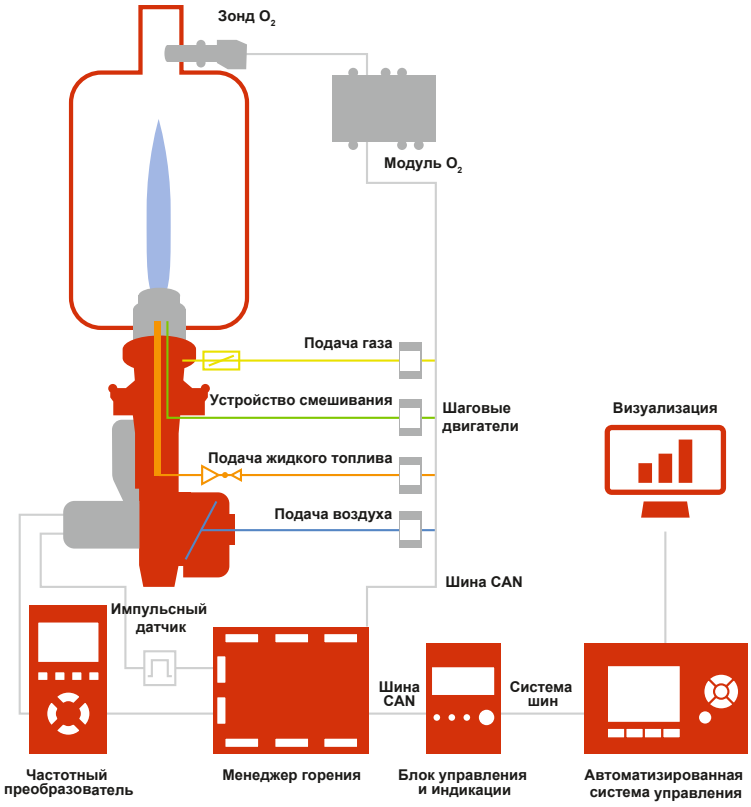
Благодаря регулированию многокотловой установки можно дополнительно повысить её энергоэффективность. При этом с помощью гидравлического сепаратора все теплогенераторы первичного контура (система производства) отсоединяются от точек потребления во вторичном контуре. Благодаря регулированию объёма потоков воздуха в первичном контуре обеспечивается гидравлическая оптимизация эксплуатации установки.

**Контроль**
Основные эксплуатационные показатели могут быть использованы для детального анализа расхода топлива, характеристик пара и температурного режима установки. На основании этого может быть разработан **менеджмент генерирования энергии**, уменьшающий энергопотребление и расходы систем теплоснабжения за счёт адаптации потребностей. Его возможное применение – основанные на потреблении разогревающие и пусковые программы, в которых существует дифференциация по времени между первостепенными и второстепенными точками потребления. В этом случае возможна установка более слабой мощности теплогенератора, чем просто сумма всех потребностей. На современных горелках все функции управляются и контролируются с помощью эффективных микропроцессоров. За счёт интегрированного подключения к шине этот **цифровой менеджмент** предоставляет также возможность коммуникации с другими системами, например, с автоматизированными системами управления инженерным оборудованием зданий.

Во время каждого **энергоаудита** необходимо **рассматривать возможности энергоэффективной оптимизации регулирования и управления**. Эффективный контроль и оптимальное управление установками являются составляющей частью **интеллигентного энергоменеджмента**.

**Содержание в исправном состоянии системы теплоснабжения** и её установок имеет большой энергоэффективный потенциал. Оно должно быть систематическим, а на предприятии должна быть разработана стратегия технического обслуживания системы на перспективу. Сюда относятся текущее содержание, технический осмотр, устранение неисправностей и усовершенствование всех установок.

**Измерение, управление и регулирование на модулирующих горелках**



# Партнёры проекта

**Немецкое энергетическое агентство (dena)**

Немецкое энергетическое агентство (dena) – центр компетенций в сфере энергоэффективности, возобновляемых источников энергии и интеллектуальных энергетических систем. Агентство dena претворяет в жизнь новейшие энергетические концепции и вносит существенный вклад в реализацию задач энергетической политики и политики в области сохранения климата путём поиска решений и их практического внедрения как на национальном, так и на международном уровнях. Для этого агентство помогает наладить партнёрские отношения между политическими деятелями и представителями самых разных отраслей экономики. Учредителями dena являются Правительство Федеративной Республики Германия и банковская группа KfW.

**www.dena.de**

**АО «Институт развития электроэнергетики и энергосбережения (Казахэнергоэкспертиза)»**

Институт развития электроэнергетики и энергосбережения учреждён Министерством инвестиций и развития Казахстана в 2013 г. как Национальный институт развития, который реализует государственную политику энергосбережения и повышения энергоэффективности. Основной задачей Института является сбор и анализ данных от потребителей энергоресурсов, на основании которых формируется Государственный энергетического реестр. Профессиональный состав Института позволяет осуществлять анализ заключений энергоаудитов, проводимых субъектами ГЭР. Институт развивает энергосервисный рынок в Казахстане через разработанный механизм Карты энергоэффективности. Параллельно рассматриваются проекты повышения энергоэффективности, реализуемые по схеме государственно-частного партнёрства. Развитие международного сотрудничества является также одним из главных направлений деятельности Института.

**www.kazee.kz**

**Инициатива развития информационной осведомленности в области энергосбережения и повышения энергоэффективности в Казахстане «Энергоэффективный Казахстан»**

В рамках **Инициативы** развития информационной осведомленности в области энергосбережения и повышения энергоэффективности в Казахстане АО «Институт развития электроэнергетики и энергосбережения» при поддержке Немецкого энергетического агентства (dena) был разработан информационный бренд **«Энергоэффективный Казахстан»**. Информационный бренд направлен на привлечение общественного внимания к энергосбережению, под которым Институт планирует проводить мероприятия, направленные на повышение информационной осведомлённости в области энергосбережения и повышения энергоэффективности в Казахстане, в том числе – запуск с 2019 г. отраслевого web-сайта: **www.eeq.kz**

Стиль логотипа изображен в европейском минимализме. На самом логотипе отображены знаки плюса и минуса, таким образом отображается форма в виде батарейки, что является одним из элементов питания энергии. Присутствует казахский орнамент, что символизирует уважение. Рядом с логотипом расположен слоган «ЗАРЯДИ БУДУЩЕЕ, СОХРАНИ ЭНЕРГИЮ», который несет посыл и визуально передает идеологию кампании.

## Реквизиты

**Издатель**
Немецкое энергетическое агентство (dena)
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestrasse 128 a
10115 Berlin, Germany
тел.: +49 (0)30 66 777-0
факс: +49 (0)30 66 777-699
e-mail: info@dena.de
Интернет: www.dena.de

**Редакция**
Немецкое энергетическое агентство (dena)

**Верстка**
Хаймрих & Ханнот ГмбХ (Heimrich & Hannot GmbH)

**Перевод**
Д-р Юрий Сильвестров

**Техническое редактирование**
Андрей Анатольевич Кибарин
Заведующий кафедрой теплоэнергетических установок
Алматинского университета энергетики и связи, к.т.н.

**Печать**
ТОО “Media Project.kz”

**По состоянию на**
12/2018

Все права сохранены.
Использование допускается при условии предварительного получения согласия от агентства dena.
© 2018 Немецкое энергетическое агентство (dena)

Все тексты составлены с максимальной тщательностью и добросовестностью. Агентство dena не гарантирует актуальность, правильность и полноту предоставленной информации. Агентство dena не несёт ответственность за материальный или нематериальный ущерб любого вида, причинённый прямым или косвенным способом в связи с использованием или неиспользованием предложенной информации, если только агентство не обвиняется в действиях, совершённых преднамеренно или по грубой неосторожности, которые подтверждаются документально.

Фото:
Фото на обложке: © шутерсток.ком/Фэктори_изи (© shutterstock.com/Factory_Easy), Стр. 9 © шутерсток.ком/Марюнин Юрий Васильевич (© shutterstock.com/Maryunin Yury Vasilevich), Стр. 12 © шутерсток.ком/Джон_Т (© shutterstock.com/John_T), Стр. 13 © шутерсток.ком/Хенон (© shutterstock.com/Kzenon), Стр. 15 © шутерсток.ком/Вадим Орлов (© shutterstock.com/Vadim Orlov), Стр. 15 © шутерсток.ком/ностал6и (© shutterstock.com/nostal6ie)

По инициативе:

Немецкое энергетическое агентство

Совместно с:

Институт развития электроэнергетики и энергосбережения

При поддержке:

Supported by:
Federal Ministry for Economic Affairs and Energy
on the basis of a decision by the German Bundestag

www.dena.de

dena
Немецкое энергетическое
агентство