

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 25.09.2022 16:41:35  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра теплогазоводоснабжения



### **Принципы эффективного управления технологическими процессами в теплоэнергетике**

Методические указания для практических занятий студентов,  
обучающихся по направлению подготовки 13.04.01  
Теплоэнергетика и теплотехника

Курск 2017

УДК 697

Составитель В.С. Ежов

Рецензент

Доктор технических наук, профессор Н.С. Кобелев

**Принципы эффективного управления технологическими процессами в теплоэнергетике:** методические указания для практических занятий студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. В.С. Ежов. – Курск, 2017. - 41 с. - Библиогр.: с. 41.

В методических указаниях приведены материалы для проведения практических занятий по дисциплине «Принципы эффективного управления технологическими процессами в теплоэнергетике»

Методические указания для практических занятий предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.17. Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 2,3. Уч.-изд.л. 2,1. Тираж 30 экз. Заказ \_\_\_\_\_. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

1 Особенности экономики и управления энергетикой промышленного предприятия .....	4
2 Анализ использования энергии в производственных процессах .....	10
3 Вторичные энергетические ресурсы .....	20
4 Организация работы по экономии энергоресурсов в промышленности .....	24
Библиографический список .....	34

## **1 Особенности экономики и управления энергетикой промышленного предприятия**

Промышленная энергетика не представляет собой единое целое. Их составные части включены в состав промышленных и других предприятий и называются энергетическим хозяйством (энергохозяйством) предприятий.

Энергохозяйство любого предприятия — это совокупность энергетических установок и вспомогательных устройств, предназначенных для обеспечения данного предприятия энергией различных видов. В этом определении два понятия нуждаются в разъяснении и уточнении: энергетическая установка (энергоустановка) и энергия различных видов.

Энергоустановка — это комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для производства, преобразования, передачи, накопления, распределения или потребления (энергии).

Для большей точности определений целесообразно разграничить понятия:

- собственно энергетическая установка — установка, в которой производится, передается, преобразуется, распределяется энергия любого вида. Отличительной особенностью такой установки являются потребление и одновременно производство ею энергетической продукции. Например, энергетический котел потребляет химическую энергию топлива и производит тепловую энергию; электрический трансформатор потребляет электроэнергию и выдает (производит) также электроэнергию, только с другим напряжением и т.п.;

- энергоиспользующая установка — установка, в которой потребляется энергия любого вида для производства неэнергетической продукции. Это многочисленные и разнообразные технологические установки — промышленные печи и котлы, сушилки и нагреватели, механические агрегаты и т.п. Они называются еще установками конечного использования энергии, а энергия, используемая в них, конечной энергией. Следует отметить еще одну, чрезвычайно важную особенность всех энергоиспользующих технологических установок: они состоят из двух частей — энергетической (энергоприемника) и технологической (технологического аппарата).

Энергоприемник технологической установки — это энергетическая часть технологической установки, в которую поступает энергия извне, где при необходимости подведенная энергия преобразуется в другой вид энергии или изменяются ее параметры и откуда она передается для использования в технологическом аппарате.

В топливопотребляющих технологических установках (печах, нагревателях, котлах, реакторах и т.п.) энергоприемником являются топка, горелка, где химическая энергия топлива превращается в тепловую, термическую энергию. В теплопотребляющих процессах (варочные котлы, выпарные установки, сушилки и др.) энергоприемниками служат теплообменники, при этом тепловая энергия может менять параметры и вид теплоносителя (паром или горячей водой нагреваются холодная вода, растворы, воздух и т.п.). В электропотребляющих процессах и установках электроэнергия преобразуется либо в механическую (электродвигатели), либо в тепловую (электротермия), либо в химическую (гальваника, электролиз) энергию.

Технологический аппарат — это часть технологической энергоиспользующей установки, в которой происходит энергетическое воздействие на обрабатываемый материал и производится неэнергетическая продукция.

В топливопотребляющих процессах технологический аппарат совмещен с энергоприемником (домна, мартеновская печь, конвертор, обжиговые печи и т.п.). Однако бывают установки, где конструктивно энергоприемник и технологический аппарат разделены, например в котлах при наличии выносных топок. В теплопотребляющих установках имеются свои энергоприемники (змеевик, паровая рубашка и т.п.), совмещение происходит при прямом поступлении теплоносителя в аппарат (барботаж), где в большинстве случаев теплоноситель выполняет роль рабочего тела. В электромеханических процессах всегда имеется рабочий механизм — технологический аппарат, в электротермии — нагревательный или плавильный котел, даже если нагревательный элемент (электронагреватель) конструктивно не разделен с аппаратом.

На предприятиях различают систему энергоснабжения, соответствующую понятию «общезаводское энергохозяйство», и систему энергоиспользования — совокупность технологических и

вспомогательных установок конечного использования энергии. Эти системы включают элементы энергетики промышленного предприятия, имеющие каждый свои особенности и выполняющие свою особую роль в отдельных процессах производства и в энергетике в целом.

Система энергоснабжения состоит из следующих элементов:

заводские источники энергии — топливные склады, газгольдеры, мазутохранилища, электростанции, котельные, машинокомпрессорные, холодильные, воздухоразделительные и другие станции, водозаборы и т.п.;

заводские энергетические коммуникации — системы топливоподачи, газо- и мазутопроводы, электрические и тепловые сети, воздухопроводы и трубопроводы сжатых газов, холодопроводы, водоводы и водопроводы и др.;

заводские преобразователи энергии — газораспределительные станции, электрические трансформаторы и коммутационная аппаратура, промежуточные теплообменники (бойлеры — пароводяные и водо-водяные), редуционно-охладительные установки (РОУ), установки осушки и дросселирования сжатого воздуха и газов и т.п.;

сама первичная энергия, подводимая к установкам конечного использования, как неременный элемент промышленной энергетики и предмет особого внимания энергетиков.

Система энергоиспользования включает:

энергоприемники технологических установок — топки, горелки, электродвигатели, электронагреватели, теплообменники технологических установок — змеевики, паровые рубашки, барбатеры, системы охлаждения, в том числе низкотемпературные (криогенные) и т.п., пневмоприемники и приемники сжатых газов и др.;

устройства передачи энергии из энергоприемника в технологический аппарат — технологические дымо- и газоходы, валы, редукторы и маховики, трубопроводы с горячими технологическими жидкостями и т.п.;

технологические аппараты — технологические печи, котлы, реакторы, механизмы и т.п.;

обрабатываемый материал, которому в процессе обработки сообщается некоторый энергетический потенциал.

Необходимо отметить одну очень важную особенность — при принятии какого-либо технического решения на производстве рас-

смаатривается большое количество вариантов, которые определяются широкими возможностями комбинирования, взаимозаменяемостью

установок и видов энергетической продукции. По степени комбинирования можно различать:

раздельные энергетические установки, производящие по одному виду продукции:

комбинированные энергетические установки, производящие по несколько видов энергетической продукции;

комбинированные энерготехнологические установки, производящие энергетическую и технологическую продукцию.

Взаимозаменяемость энергетических установок определяется возможностями получения одинаковой продукции от различных установок. Взаимозаменяемость видов энергетической продукции определяется возможностью использования различных взаимозаменяемых энергоносителей в конкретной промышленной установке. Кроме того, возможны дополнительные варианты, отличающиеся конструктивными решениями, количеством и параметрами оборудования и др.

Также необходимо учесть, что энергетические объекты, независимо от форм собственности, входят в энергосистему и обязаны работать по диспетчерскому графику, определяемому в результате оптимизации режимов работы энергетической системы в целом. Поэтому ввод каждого нового объекта в энергетическую систему или изменение технико-экономических показателей существующего и, как следствие, изменение режима его использования окажут влияние (положительное или отрицательное) на режим работы прочих энергетических объектов, что должно быть учтено в условиях рынка в расчетах экономической эффективности.

Энергетическое хозяйство предприятия управляется специальной энергослужбой. Энергохозяйство предприятий является, с одной стороны, заключительным звеном топливно-энергетического комплекса и обладает многими качествами и спецификой энергетики, а с другой — входит в состав соответствующего предприятия на правах его подразделения — вспомогательного производства. Такая двойственность находит выражение в формулировке приведенной целевой функции

промышленной энергетики, а также во многих специфических чертах экономики энергохозяйства.

Функции управления энергетикой предприятия следующие.

Организация, подразделяемая на подфункции: организация структуры; организация взаимоотношений; организация информации.

Учет, традиционно имеющий разновидности: оперативный; статистический (текущий); бухгалтерский.

Анализ в зависимости от времени его проведения:

ретроспективный;

оперативный;

текущий;

перспективных планов.

Нормирование:

текущее;

перспективное.

Планирование:

оперативное;

текущее;

перспективное (включая долгосрочное планирование и прогнозирование).

Контроль и регулирование:

оперативное;

текущее.

Эти функции осуществляются в определенных областях деятельности, среди которых специфичными для энергетики предприятия являются:

потребление энергии; использование энергии;

эксплуатация энергетического и энергоиспользующего оборудования;

режимы энергоснабжения и работы энергооборудования;

надежность энергоснабжения и работы энергооборудования;

внутрипроизводственный (внутри предприятия) энергонадзор.

Неспецифическими областями деятельности, относящимися ко всему предприятию, однако имеющими энергетические особенности, в энергохозяйстве являются:

ремонтное обслуживание энергетического и энергоиспользующего оборудования (энергоприемников технологических установок);



материально-техническое снабжение энергохозяйства и всей энергетики предприятия;  
труд и кадры энергетиков;  
экономическая работа в энергохозяйстве;  
развитие производства и его энергетического обеспечения;  
другие неспецифичные области деятельности: подготовка производства, реализация и сбыт продукции и пр.

На пересечении функций управления и областей деятельности находятся комплексы задач управления. Матрица управления энергетикой предприятия приведена в табл. 1. Для упрощения здесь не даны подфункции управления (в таблице нет, например, организации структуры, взаимоотношений, информации, видов учета — оперативного, статистического и бухгалтерского и т.п.).

Таблица 1

Таблица-матрица функций и областей управления энергетикой предприятия

Область деятельности	Функции управления					
	Организация	Учет	Анализ	Нормирование	Планирование	Контроль и регулирование
Потребление энергии						
Использование энергии						
Эксплуатация энергооборудования						
Режимы работы энергооборудования						
Надежность энергоснабжения и оборудования						
Внутризаводской энергонадзор						
Ремонтное обслуживание энергооборудования						
Материально-техническое снабжение						
Труд и кадры энергетиков на предприятии						
Экономическая работа в энергослужбе						
Развитие производства и энергетики						
Другие области дея-						

Матрица представляет собой поле деятельности энергетиков на промышленном предприятии, руководствуясь ею, можно рассмотреть порядок экономической работы и управления в энергохозяйстве любого предприятия любой отрасли национальной экономики на примере наиболее крупной из них — промышленности.

## 2 Анализ использования энергии в производственных процессах

На пути от природного ресурса до промышленного потребителя энергия любого вида проходит цепь передаточных устройств, трансформаций и преобразований. Эта «энергетическая

цепочка» на всех стадиях имеет энергетические потери — от долей до десятков процентов.

Наибольшие потери в энергетическом потоке возникают при производстве электроэнергии и при ее потреблении в производственных установках. Поэтому целесообразно более пристально рассмотреть возможность снижения энергетических потерь на стадии конечного использования энергии — на промышленном предприятии.

Одним из наиболее действенных способов выявления энергетических потерь в технологических установках является анализ энергоиспользования в производственных процессах. По его результатам выявляются обоснованные нормы расхода энергии и, самое главное, становится возможным определение конкретных путей энергосбережения.

Оценка эффективности и целесообразности энергозатрат в производственных процессах основывается на показателях энергоиспользования — коэффициенте полезного действия установок (КПД) и коэффициенте полезного использования энергии в них (КПИ), а также на удельных расходах энергии, относимых к единице продукции (полупродукта), на передел, операцию и т.п. Коэффициенты полезного действия определяются в основном для производственных машин (аппаратов, агрегатов) и представляют собой отношение полезной энергии ко всей энергии, поступившей в машину (аппарат, агрегат). Коэффициент полезного действия также является отношением полезной энергии к затраченной. Однако под затраченной здесь подразумевается либо энергия, поступившая в установку (в этом случае КПИ и КПД совпадают), либо энергия, поступившая на производственный участок, в цех, на предприятие, или даже энергия первичного (природного) энергоресурса.

Для разграничения этих показателей условимся под КПИ понимать отношение полезной энергии к энергии, поданной в энергоиспользующую установку, состоящую из энергетической (энергоприемника) и технологической (технологического аппарата) частей, а под КПД — отношение полезной энергии, затраченной на обработку материала, к энергии, поступившей в технологический аппарат.

Во всех случаях вычисление КПД и КПИ основано на определении полезного расхода энергии, который в теории и

практике исчисляется в зависимости от характера энергоиспользующего процесса:

для силовых (механических) процессов — по мощности (энергии) на валу двигателя;

для процессов нагрева и охлаждения (высоко-, средне- и низкотемпературных и холодильных, в термических процессах) — по количеству энергии, сообщенному обработанному материалу;

для электрохимических и электрофизических (а также термохимических и термофизических) — по количеству энергии, теоретически необходимому для проведения процесса;

для освещения — по световому потоку осветительных аппаратов;

для отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, а также управляющих процессов — по энергии, подведенной к соответствующей установке.

Такое различие при определении полезной энергии приводит к несопоставимости КПД и КПИ разных процессов. Поэтому для пояснения таких понятий, как полезная энергия, КПД и КПИ, существуют следующие определения.

Теоретический расход (безусловно полезный) — энергия, сообщенная обработанному материалу и направленная на достижение главной цели производственного процесса. Отношение этого расхода к энергии, поступившей в технологический аппарат, включая имеющиеся место внутренние выделения энергии, есть КПД технологического аппарата. Отношение этого расхода к энергии, поданной в технологическую установку (в ее энергоприемник), включая внутренние выделения энергии в аппарате, есть КПИ технологической установки; для практических целей здесь общий приход энергии принимается по суммарному расходу, где учитываются внутренние выделения энергии.

Условно-полезный расход — расчетное количество энергии, поданной в технологический аппарат (в том числе на валу приводящего двигателя). В условно-полезный расход включаются все потери в технологическом аппарате (по их расчетному уровню), а в силовых (механических) процессах — и потери в передаточном устройстве. Для увязки теоретического и условно-полезного расходов энергии вводится понятие сопутствующий расход энергии в технологическом аппарате, т.е. разность между условно-полезным и теоретическим расходами. Он направлен на компенсацию потерь

в технологическом аппарате, которые неизбежно сопутствуют производственному процессу, например нагрев самого аппарата, компенсация теплообмена с окружающей средой и др.

Необходимость введения этого понятия вызвана тем, что, во-первых, требуется количественно различать теоретический и условнополезный расходы; во-вторых, потери в технологическом аппарате находятся вне компетенции энергетиков и часто настолько внутренне присущи технологии, что являются, скорее, не потерями, а «собственными нуждами» аппарата (нагрев транспортирующих устройств, тары и других сопутствующих материалов), и, в-третьих, в ряде процессов сопутствующий расход энергии является единственно оправданным, хотя и компенсирует потери в аппарате, например выдержка материала при постоянной температуре (в автоклавах), все процессы отопления и вентиляции производственных и других помещений.

Уровень сопутствующего расхода энергии диктуется экономическими, технологическими и санитарно-техническими условиями. Так, толщина изоляции аппаратов имеет свой экономический предел, за которым суммарные потери теплоты не снижаются, а увеличиваются вследствие увеличения поверхности теплоотдачи (экономическое условие). Потери на нагрев сопутствующего материала, например раствора, содержащего полезный компонент, могли бы быть меньше при повышении его концентрации, но это невозможно по технологическим условиям. При работе с вредными веществами устраивается интенсивная вытяжка, что увеличивает тепловые потери за счет повышения объемадвигающегося воздуха, особенно над открытыми поверхностями, например гальванических ванн, что необходимо по санитарным условиям, а иногда и по технике безопасности.

Нормативные потери в энергоприемнике технологической установки — расчетные потери, связанные с передачей и (или) трансформацией энергии в энергоприемнике (двигателе, топке, теплообменнике и др.), с подготовкой этой энергии для поступления в технологический аппарат.

Если суммировать условно-полезный (расчетный) расход энергии и нормативные потери, то получим норматив расхода энергии в технологической установке, т.е. расчетный минимум энергозатрат при работе в идеальных условиях — при полном соблюдении технологических и энергетических регламентов,

идеальном техническом состоянии оборудования, изоляции, герметичности, оптимальной нагрузке как технологического аппарата, так и энергоприемника.

Однако в реальных условиях на протяжении длительного времени соблюдение нормативного расхода энергии в установке практически невозможно, поскольку:

во-первых, возникают дополнительные, не учитываемые нормативом энергозатраты на пуск, работу на холостом ходу и при горячих простоях;

во-вторых, оборудование, изнашиваясь, снижает первоначальные энергетические характеристики, которые далеко не всегда восстанавливаются даже после капитального ремонта;

в-третьих, часто имеет место неполная нагрузка технологического аппарата и почти всегда энергоприемника (особенно электродвигателей), что существенно снижает КПД по сравнению с расчетным (паспортным), нормативным;

в-четвертых, в реальных производственных условиях всегда наблюдаются отклонения от регламентов по качеству материалов, температурам, времени обработки, причем это приводит к увеличению энергозатрат.

Тогда каждая составляющая общего расхода энергии превышает свой расчетный уровень: теоретический расход, т.е. энергия, сообщенная материалу при обработке, увеличивается за счет его худшего качества, перегревов, брака продукции (полупродукта); отдельные составляющие сопутствующего расхода увеличиваются по тем же причинам, а также из-за худшего по сравнению с расчетным состоянием оборудования, изоляции и т.п.; потери в энергоприемнике также увеличиваются против нормативных за счет недогрузки, худшего состояния оборудования, отклонений в режимах работы и др. Выявить каждое из этих превышений поштатейно очень сложно, часто практически невозможно, да и нецелесообразно. Достаточно сопоставить фактический и нормативный расходы энергии всей установкой.

Разница между фактическими затратами энергии и расчетным и нормативным расходом, возникающая вследствие эксплуатационных и режимных отклонений от регламентированного хода производства, представляет собой эксплуатационные и режимные потери энергии в технологической

установке. Их в большинстве случаев можно разделить на потери в энергоприемнике и технологическом аппарате.

Выявление эксплуатационных и режимных потерь в процессах и установках — первоочередная задача, поскольку их снижение не требует дополнительных затрат, достаточно добиться жесткого соблюдения регламентов производства и энергетической дисциплины, иногда

внедрения простейшей автоматики, например ограничителей холостого хода. Однако полная ликвидация этих потерь практически невозможна, так как для этого требуются идеальные условия производства и состояния оборудования, а также отсутствие пусков, холостых ходов и горячих простоев и т.п.

По данным наблюдений и исследований эксплуатационные и режимные потери составляют 20—30 % суммарного (фактического) расхода энергии в технологических процессах. При соблюдении регламентов и энергетической дисциплины их величина может быть снижена примерно в три раза, а допустимый уровень не должен превышать 7—10 от расхода. Поэтому часть эксплуатационных и режимных потерь неизбежна и должна включаться в технологическую норму энергозатрат.

Оценка энергоиспользования дается в результате анализа энергозатрат на процесс, установку или любой энергопотребляющий объект. Такой анализ позволяет не только рассчитать КПД и КПИ, но и дифференцированно определить направления энергопотребления по статьям энергозатрат, выявить наибольшие потери и затраты. При этом, вычислив нормативы энергозатрат, можно обосновать реальную норму энергопотребления, отличающуюся от норматива на величину допустимых эксплуатационных и режимных потерь.

Анализ может проводиться экспериментальным, расчетным (расчетно-аналитическим) или опытно-расчетным способом. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

Экспериментальный способ требует проведения замеров и испытаний технологического и энергетического оборудования, причем оборудование необходимо временно выводить из работы, что затруднительно в условиях производства, особенно для непрерывных технологий.

Расчетный способ требует хорошего знания технологии, четкой методики анализа для каждого процесса или

технологической установки. Проведение аналитических расчетов очень трудоемко и требует выявления большого количества исходных данных. Для облегчения расчетов необходимо применение вычислительной техники, а для получения недостающих данных — проведение испытаний и замеров.

Опытно-расчетный способ (комбинированный) обладает достоинствами того и другого, а их недостатки в значительной мере сглаживает. Вопрос лишь в том, что будет преобладать при исследованиях измерения и испытания или расчеты. Этот способ наиболее применим.

При составлении балансов рассчитываются все статьи энергозатрат: теоретический, сопутствующий, условно-полезный расходы, нормативные потери в энергоприемнике (потери передачи и трансформации энергии), внутренние выделения энергии в аппарате, приход энергии в установку, количество энергии, переданной из энергоприемника в технологический аппарат, эксплуатационные и режимные потери в энергоприемнике, в технологическом аппарате и суммарные. Эта структура энергозатрат представлена на рис. 1, форма проведения анализа показана в табл. 2. Иногда, если энергоприемник и технологический аппарат конструктивно не разделены, два энергобаланса сливаются в один.



Таблица 2  
 Форма аналитического энергобаланса технологической энергоиспользующей (топливо- или теплоиспользующей) установки (процесса)

Статья энергозатрат	Расход			
	часовой, Гкал/ч	%	годовой, Гкал/ч	%
Баланс энергоприемника				
Приход энергии в установку				
Расход: передано в аппарат нормативные потери в энергоприемнике эксплуатационные и режимные потери				
Баланс технологического аппарата				
Приход энергии в аппарат, всего				
В том числе из энергоприемника				
С внутренними выделениями энергии				
Расход: теоретический расход сопутствующий расход, всего В том числе: нагрев сопутствующего материала испарение сопутствующего материала унос с теплоносителем отдача в окружающую среду условно-полезный расход эксплуатационные и режимные потери		КПИ КЭИ		КПИ КЭИ
Итого расход в аппарате				
ВСЕГО эксплуатационных и режимных потерь				
ВСЕГО расход в установке		100	100	

Расчет теоретического расхода энергии в термических, электро- и термохимических и физических, а также в механических процессах, связанных с перемещением материалов (подъемниках, транспортерах, насосах), ведется по известным физическим формулам и не вызывает затруднений. Для механических процессов, где происходит деформация материала (механообработка, дробление, перемешивание и т.п.), рассчитать теоретически необходимые затраты очень сложно, практически невозможно, поэтому они определяются как разница между величинами мощности, потребляемой установкой под нагрузкой и на холостом ходу.

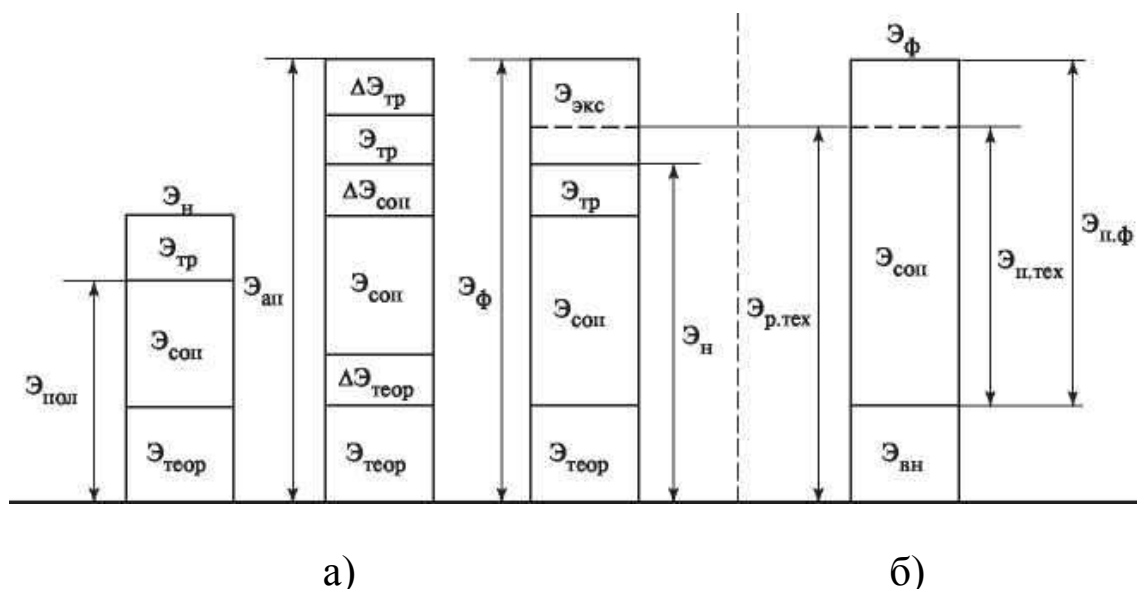


Рис. 1. Структура энергозатрат в технологической установке (процессе):

а — структура энергозатрат в расходной части энергобаланса (до штриховой линии); б — структура приходной части баланса;  $\mathcal{E}_{теор}$  — теоретический (безусловно полезный) расход энергии;  $\mathcal{E}_{соп}$  — сопутствующий расход энергии (потери в технологическом аппарате);  $\mathcal{E}_{тр}$  — потери передачи и трансформации энергии — нормативные потери в энергоприемнике технологической установки;  $\mathcal{E}_{пол}$  — условно-полезный расход энергии (количество энергии, переданной из энергоприемника в технологический аппарат в нормативном режиме);  $\mathcal{E}_{н}$  — нормативный расход энергии в технологической установке;  $\Delta\mathcal{E}_{теор}$ ,  $\Delta\mathcal{E}_{соп}$ ,  $\Delta\mathcal{E}_{тр}$  — эксплуатационные и режимные превышения расхода энергии над нормативными значениями теоретического, сопутствующего расходов, потерь передачи и трансформации энергии в фактическом режиме;  $\mathcal{E}_{экс}$  — эксплуатационные и режимные потери энергии в технологической установке;  $\mathcal{E}_{ф}$  — фактический расход энергии в технологической установке;  $\mathcal{E}_{ап}$  — количество энергии, переданной из энергоприемника в технологический аппарат в фактическом режиме;  $\mathcal{E}_{п.ф}$  — фактический приход энергии в технологическую установку извне;  $\mathcal{E}_{п.тех}$  — технологическая норма прихода энергии;  $\mathcal{E}_{р.тех}$  — технологическая норма расхода энергии в технологической установке;  $\mathcal{E}_{вн}$  — внутренние выделения энергии в технологическом аппарате.

Анализ энергоиспользования в механических процессах несколько отличается по составу энергозатрат от анализа термических процессов. При исследовании энергозатрат в

механических процессах анализу подвергается система «рабочий механизм — передаточное устройство (редуктор) — двигатель».

При анализе в механических процессах возникает возможность разделения сверхнормативных превышений расходов энергии и потерь, а именно эксплуатационных и режимных потерь, по характеру их возникновения, т.е. из-за износа или ухудшенного состояния оборудования, из-за эксплуатационных факторов — эксплуатационных потерь и из-за отклонений или нарушений в режимах работы — режимных потерь. Причем эксплуатационные отклонения практически нельзя устранить, их можно только снизить (примерно в 3 раза). А режимные потери можно ликвидировать полностью, если не допускать отклонений от заданного порядка работы, хотя бы с применением простейшей автоматики — реле времени, ограничителей холостого хода и т.п.

Структура энергозатрат показывается в процентах отдельных статей к общему расходу. При этом процент теоретического расхода есть коэффициент полезного использования (КПИ) энергии. Для условнополезного расхода вводится коэффициент эффективного использования (КЭИ). Сумма КЭИ и процента нормативных потерь в энергоприемнике — это коэффициент норматива энергозатрат (КНЭ).

Таким образом, используя приведенную систему показателей энергоиспользования в технологических установках и процессах, можно судить о рациональности использования энергии с помощью КПИ, КЭИ и КНЭ. Если в понятие нормативные потери в энергоприемнике (точнее — потери передачи и трансформации энергии) войдут потери в цеховых и заводских сетях, то КПИ и КЭИ покажут рациональность использования энергии в цехе и на предприятии. Любой из этих коэффициентов, включая КНЭ, представляет собой разность между единицей и суммарной долей потерь энергии ( $E_p$ ):

$$\eta = 1 - \Sigma p_i$$

$$\Sigma p_i = \mathcal{E}_{\text{экс}}.$$

При расчете КЭИ, кроме того, вычитается также процент нормативных потерь в энергоприемнике:

$$\Sigma p_i = \mathcal{E}_{\text{экс}} + \mathcal{E}_{\text{тр}} \text{ (в долях единицы),}$$

а для КПИ — еще и процент сопутствующего расхода ( $\mathcal{E}_{\text{соп}}$ ):

$$\Sigma p_i = \mathcal{E}_{\text{экс}} + \mathcal{E}_{\text{тр}} + \mathcal{E}_{\text{соп}} \text{ (в долях единицы).}$$

Каждый из этих показателей может быть рассчитан для фактического и нормативного режимов. При этом для фактического режима принимается полная (фактическая) величина эксплуатационных и режимных потерь  $\mathcal{E}_{\text{экс}}$ , а после нормализации — примерно одна треть их фактической величины. И в зависимости от того, какие потери учитываются, может быть вычислена технологическая норма энергозатрат  $\mathcal{E}_{\text{тех}}$ , ед. энергии/ед. пр.:

$$\mathcal{E}_{\text{тех}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{теор}} \text{ (или } \mathcal{E}_{\text{нол}}, \text{ или } \mathcal{E}_{\text{н}})}{1 - \Sigma p_i}.$$

Для практических расчетов при анализе энергоиспользования в термических и механических процессах разработаны машинные программы для персональных компьютеров. Эти программы, работающие в диалоговом режиме, позволяют заполнять таблицы по формам табл. 1 и 2, по специальной команде нормализовать эти энергобалансы, рассчитать все относительные показатели энергоиспользования — КПД, КПИ и КНЭ, а также определить фактические удельные расходы энергии на единицу продукции или работы и возможные технологические нормы энергозатрат на исследуемую установку (процесс).

Как видно из методических принципов проведения энергоэкономического анализа, здесь требуется довольно обширная исходная информация, которая должна черпаться из справочно-нормативных и паспортных данных по исследуемому виду оборудования, но самое главное — из данных энергетического учета и отчетности или, если в отчетах нужных данных нет, из специальных замеров и испытаний оборудования.

### 3 Вторичные энергетические ресурсы

Утилизация отходов цивилизации, существенную помощь в которой может оказать биоэнергетика, является общечеловеческой

проблемой, связанной с охраной природы. Особый тип отходов человеческой жизнедеятельности — энергетические отходы, именуемые вторичными энергетическими ресурсами, причем наибольшее их количество возникает в сфере промышленного производства.

Понятие «энергетические отходы производства» включает все потери в энергоиспользующих агрегатах, а также энергетический потенциал готовой продукции. Практически это означает, что вся энергия, подведенная к технологической энергоиспользующей установке, плюс внутреннее выделение энергии в конечном счете идут в отходы (исключается лишь теплота эндотермических, теплопоглощающих процессов, а также скрытая теплота фазовых переходов: испарение—конденсация, плавление—затвердевание и т.п.). Однако не все эти отходы можно рассматривать как вторичные энергетические ресурсы (ВЭР).

Под вторичными энергетическими ресурсами понимается энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках), который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других потребителей.

Эти энергетические отходы можно разделить на два рода:

первый — недоиспользованный энергетический потенциал первичного энергоресурса — продукты неполного сгорания топлива, тепло дымовых газов, «мятый» пар из паропроводов, тепло конденсата, сбросных вод;

второй — проявления физико-химических свойств материалов в ходе их обработки — горючие газы доменных, фосфорных и других печей, тепло готовой продукции, теплота экзотермических реакций, избыточное давление жидкостей и газов, возникающее при протекании технологического процесса.

ВЭР первого рода следует стремиться устранить или снизить их выход, и только тогда, когда все подобные меры приняты, использовать.

ВЭР второго рода — побочный результат технологии, поэтому необходимо либо создать на их базе комбинированный энерготехнологический агрегат с выработкой одновременно энергетической и неэнергетической продукции, либо утилизировать

иным способом с помощью специального утилизационного оборудования.

По видам содержащегося энергетического потенциала ВЭР подразделяются на горючие, тепловые и избыточного давления, причем каждый из этих видов может быть первого или второго рода.

Горючие ВЭР — это химическая энергия отходов производства, которые не используются или непригодны для дальнейшей технологической переработки, но применимы в качестве топлива: доменный, конвертерный, ферросплавный газы, отходящий газ производства технического углерода, горючие кубовые остатки химических и нефтехимических производств, щелок целлюлозно-бумажного производства, отходы топливопереработки, переработки древесины и др. Их энергетический потенциал определяется теплотой сгорания.

Тепловые ВЭР — это тепло основной и побочной продукции: тепло рабочих тел из систем принудительного охлаждения технологических агрегатов и установок, тепло отходящих газов, пара и горячей воды, отработанных в технологических и силовых установках, и т.п. Энергетический потенциал определяется теплосодержанием теплоносителей.

ВЭР избыточного давления — это потенциальная энергия газов и жидкостей, покидающих технологические агрегаты с избыточным давлением, которое необходимо снижать перед последующей ступенью использования или при выбросе в окружающую среду. Энергетический потенциал определяется давлением для энергоносителей- жидкостей; давлением и температурой, определяющими возможную работу газов и паров при расширении.

Для количественной оценки вторичных энергоресурсов обычно рассматривается несколько показателей:

выход — количество ВЭР, образующихся в процессе производства в данном технологическом агрегате за единицу времени;

выработка энергии за счет ВЭР — количество тепла, холода, механической работы или электроэнергии, получаемое в утилизационных установках. При этом различаются:

возможная выработка — максимальное количество тепла, холода, механической работы или электроэнергии, которое может

быть практически получено за счет данного вида ВЭР с учетом режимов работы агрегата — источника ВЭР и КПД утилизационной установки;

экономически целесообразная выработка — максимальное количество тепла, холода, механической работы или электроэнергии, целесообразность получения которого в утилизационной установке подтверждается экономическими расчетами с учетом энергоэкономического эффекта у потребителя;

фактическая выработка — фактически полученное количество тепла, холода, механической работы или электроэнергии на действующих утилизационных установках.

Вторичные энергетические ресурсы представляют собой огромный резерв повышения экономичности топливно-энергетического комплекса. По некоторым экспертным оценкам, их вовлечение в топливно-энергетический баланс страны в 10 раз дешевле, чем увеличение добычи природных энергоресурсов. Рациональное использование ВЭР как реализация важной части государственной энергосберегающей политики возможно при выборе оптимального направления их использования, которыми являются:

топливное — непосредственное использование горючих ВЭР в качестве топлива;

тепловое — использование тепла, получаемого непосредственно в качестве тепловых ВЭР или вырабатываемого за счет горючих ВЭР в утилизационных установках. К этому направлению относится также выработка холода за счет ВЭР в абсорбционных холодильных установках;

силовое (механическое) — использование механической энергии избыточного давления, механической энергии, получаемой в силовых установках за счет тепловых или горючих ВЭР;

комбинированное — получение тепловой и электрической энергии на утилизационных ТЭЦ (УТЭЦ) за счет горючих или тепловых ВЭР.

Производство и использование вторичных энергетических ресурсов в национальном хозяйстве являются одним из важнейших и, пожалуй, самым эффективным направлением энергосбережения.

#### **4 Организация работы по экономии энергоресурсов в промышленности**

Добыча и использование запасов энергетических ресурсов в мире и в нашей стране теснейшим образом связаны с расходом их потребителями, поскольку, как уже указывалось, одной из главных специфических черт энергетики и всего топливно-энергетического комплекса является полная зависимость объемов (иногда и времени) производства от масштабов потребления.

Уровень потребления энергетических ресурсов служит своеобразным показателем уровня экономического и социального развития страны, региона, народа. Поэтому характеристика масштабов энергопотребления важна не только с узкоотраслевых позиций, но и как оценка состояния всей экономики.

В настоящее время в связи с кризисными явлениями в экономике трудно прогнозировать уровни энергопотребления в России. Однако общая тенденция к его увеличению остается неизменной, неясны лишь темпы роста общих энергетических нагрузок и годового потребления, которые, если судить по общемировому стремлению к сдерживанию энергозатрат, по-видимому, станут более низкими, чем в прежние годы.

Наиболее эффективно энергосбережение на предприятиях при комплексном решении технических, технико-экономических и организационных вопросов, относящихся ко всей энергетике предприятия — к системам энергоснабжения и энергоиспользования и к управлению энергетическим хозяйством. Технико-экономические и организационные проблемы заключаются в совершенствовании выполнения функций управления.

Основные технические проблемы промышленной энергетики и способы их решения на предприятиях имеют следующие направления:

замена оборудования (техническое перевооружение), видов энергии, энергоносителей, обрабатываемых материалов наиболее выгодными, имеющими лучшие технические, энергетические и техникоэкономические показатели;

модернизация промышленного оборудования, особенно технологических аппаратов, с повышением полезного использования энергии в них и сокращением потерь, прежде всего энергетических;



интенсификация производственных процессов с повышением загрузки технологического оборудования и соответственно снижением удельных энергозатрат на единицу продукции, полупродукта, сырья, обрабатываемого материала на работу или операцию;

введение дополнительных устройств — дооборудование технологических энергоиспользующих установок и процессов при улучшенном оснащении, установке дополнительного, в том числе вспомогательного, оборудования, приборов и автоматики для оптимизации производства и сокращения удельных энергозатрат;

изменение рабочих параметров оборудования и энергии в целях улучшения технико-экономических показателей производственных процессов;

улучшение использования энергии внутри технологических энергоиспользующих установок, сокращение прямых потерь и соответственное повышение КПИ;

улучшение использования вторичных энергетических ресурсов;

повышение надежности энергоснабжения и работы энергооборудования в целях предотвращения аварийных остановов и простоев, связанных с материальными и энергетическими потерями.

Эти направления относятся к конкретным элементам энергетики промышленного предприятия в системах энергоснабжения и энергоиспользования, где в энергетическое хозяйство предприятия входит все энергоснабжение и частично энергоиспользование — энергоприемники технологических установок, обслуживаемые энергетиками.

Вся область проведения энергосберегающих мероприятий, классифицированная по направлениям и элементам заводской энергетики, показана в табл. 4, где каждая клетка со знаком «+» означает группу мероприятий, например «Модернизация заводских источников энергии» или «Повышение надежности энергоприемников» и т.п. Если сочетание направления и элемента не имеет смысла (например, «Дополнительные устройства ... обрабатываемого материала»), в клетке стоит знак «-».

Таблица 4

Основные направления энергосбережения на промышленном предприятии (по элементам заводской энергетики)

Элементы энергетики промышленного предприятия	Замена	Модернизация	Интенсификация	Дополнительные устройства	Изменение	Улучшение использования энергии в		Повторение
						внутри	вне	
Заводские источники энергии	+	+	+	+	+	+	+	+
Заводские преобразователи энергии	+	+	+	+	-	+	-	+
Заводские энергетические коммуникации (сети)	+	+	+	-	+	+	-	+
Первичная энергия	+	-	+	-	+	+	+	+
Энергоприемник технологической установки	+	+	+	+	-	+	-	+
Передача энергии из энергоприемника в аппарат	+	+	+	+	+	+	-	+
Технологический аппарат	+	+	+	+	+	+	+	+
Обрабатываемый материал	+	-	-	-	+	+	+	-

Таблица-матрица представляет собой трафарет, с помощью которого может быть намечен достаточно полный перечень энергосберегающих мероприятий, исходя из технического состояния и сегодняшних характеристик экономичности, по каждой единице энергооборудования, в каждом элементе промышленной энергетики на данном предприятии (см. табл. 4).

Технико-экономические расчеты, которые могут проводиться по методическим положениям, позволят определить экономический эффект каждого мероприятия. По величине этого эффекта, а также по различным экономико-технологическим показателям (наличия средств, оборудования, возможности остановки производства и др.) следует ранжировать намеченные мероприятия по очередности и срокам их выполнения, т.е. составить перспективный план энергосбережения.

Наиболее эффективна замена старого оборудования на новое, прогрессивное и экономичное, т.е. техническое перевооружение, затрагивающее основное производство и энергетику предприятия и требующее солидных инвестиций. Другие направления энергосбережения хотя в большинстве случаев менее эффективны, но и менее капиталоемкие и могут быть реализованы собственными силами.

Экономическая сущность технического перевооружения — компенсация физического и морального износа оборудования. Замена изношенного оборудования не требует обоснования, поскольку оно снижает надежность работы, требует повышенных затрат на ремонтное обслуживание и имеет низкие эксплуатационные характеристики. Оценка морального износа значительно сложнее, и замена оборудования по этому показателю требует экономического обоснования. Замена могут подлежать также:

- виды энергии при выборе наиболее рационального энергоносителя для производственных процессов;

- способ передачи энергии из энергоприемника в технологический аппарат (например, замена редуктора, регулирующего число оборотов, на современный электропривод);

- вид и качество материала в целях снижения энергозатрат на его обработку (например, повышение концентрации растворов, дробление или агломерирование материалов, применение пластмасс вместо металлов и др.).

Модернизация энергетического и технологического оборудования также компенсирует моральный износ, ее эффективность иногда выше, чем перевооружения, благодаря существенно меньшим капитальным затратам, особенно если она осуществляется своими силами. Эффективность ее проведения можно оценить, используя такой критерий, как суммарные дисконтированные затраты, руб/год:

$$Z_{\Sigma}^{\Delta} \Rightarrow \min .$$

Расчеты проводятся для вариантов работы на базовом и модернизированном оборудовании:

$$Z_{\Sigma \bar{6}}^{\Delta} = \sum_{t=1}^{T_p} (b_{\bar{6}t} \Pi_t \Pi_{\Gamma} + I'_{\bar{6}.\text{ЭКС}t}) (1 + E)^{-t};$$

$$Z_{\Sigma \text{М}}^{\Delta} = \sum_{t=1}^{T_p} (b_{\text{М}t} \Pi_t \Pi_{\Gamma} + I'_{\text{М}.\text{ЭКС}t} + K_{\text{М}t}) (1 + E)^{-t},$$

где  $b_{\bar{6}t}$  и  $b_{\text{М}t}$  — удельные расходы энергоресурсов (в условном топливе) на базовом и модернизированном оборудовании, т у.т/ед. пр.;  $\Pi_t$  — годовая производительность, ед. пр/год;  $\Pi_{\Gamma}$  — цена энергоресурса, руб/т у.т.;  $I'_{\bar{6}.\text{ЭКС}t}$  и  $I'_{\text{М}.\text{ЭКС}t}$  — эксплуатационные расходы (кроме энергетических затрат) при работе на базовом и модернизированном оборудовании, руб/год;  $E$  — норматив дисконтирования;  $K_{\text{М}t}$  — капитальные затраты на модернизацию, руб.;  $T_p$  — время расчетного периода, лет.

Интенсификация производственных процессов должна выражаться в увеличении производительности установок без существенных изменений конструкции за счет либо ускорения технологических и других производственных процессов, либо их лучшей организации, либо использования прогрессивных материалов. Как правило, интенсификация процессов должна вести к повышенному, ускоренному физическому износу оборудования, что оправдано, если уравниваются сроки физического и морального износа, но может привести к быстрому выходу оборудования из строя, если интенсификация не сопровождается усиленной профилактикой и повышенным ремонтным обслуживанием. При интенсификации производственных процессов снижается себестоимость выпускаемой продукции за счет уменьшения условно-постоянных расходов. Эффективность интенсификации может быть оценена по критерию чистого дисконтированного дохода, определяемого соответственно для базового и интенсифицированного режимов работы оборудования:

$$\Xi = \sum_{t=1}^{T_p} [(\Psi_{\varepsilon}(b_{\text{до}} - b_{\text{по}})P_t - \Delta I_{\text{рег } t} - K_{\text{н } t})(1 + E_{\text{ср}})^{-t}],$$

где  $\Psi_{\varepsilon}$  — цена (тариф) энергии, руб/т у.т., руб/(кВт·ч), руб/Гкал;  $b_{\text{до}}$  и  $b_{\text{по}}$  — удельные расходы энергии до и после нормализации (или рационализации) энергоиспользования, т у.т., кВт·ч, Гкал на единицу продукции;  $P_t$  — объем производства, ед. пр/год;  $\Delta I_{\text{рег } t}$  — возможные дополнительные годовые издержки по оптимальному регулированию процесса, руб/год;  $K_{\text{н } t}$  — возможные единовременные (капитальные) затраты на мероприятие, руб.

Введение дополнительных устройств для повышения производительности или улучшения режимов связано с совершенствованием производственных процессов при таких вариантах его реализации:

- установка дополнительного оборудования (основного или вспомогательного) для упорядочения производственного процесса, 252 «расшивка узких мест», содержащих рост общую производительность участка, цеха, предприятия;

- установка дополнительного энергетического оборудования и устройств для улучшения энергообеспечения потребителей, в том числе для повышения качества (надежности) энергоснабжения — местная, локальная реконструкция энергохозяйства;

- установка устройств, управляющих процессами основного и энергетического производства, в том числе при выработке, передаче и потреблении энергоресурсов, оптимизирующих их и сокращающих потери и затраты энергии, — автоматизация процессов, улучшение приборного учета, введение устройств местного или централизованного контроля и регулирования и т.п.

В первом и втором вариантах энергоэкономическая оценка может производиться так же, как при модернизации оборудования, в третьем случае — как для интенсификации производственных процессов.

Изменение параметров оборудования и энергии должно привести к интенсификации производства, и экономическая оценка проводится по тем же показателям. Для основного технологического оборудования это возможно как по интенсивности (увеличение загрузки, заполнение аппаратов, повышение скорости процессов), так и по экстенсивности — для периодических процессов (увеличение времени работы, снижение простоев, в том числе под загрузкой и выгрузкой, сокращение

холостых ходов и т.п.). Изменение параметров в энергетике предприятия связано либо с увеличением загрузки энергооборудования, например двигателей, либо с повышением параметров энергии, в частности давно предлагаемый перевод внутривзаводского электроснабжения на напряжение 660 В, либо с изменением схем преобразования энергии — тиристорные преобразователи частоты тока взамен мотор-генераторов [10]. В ряде случаев для производственных процессов выгодно изменять вид энергии, тогда оценка может проводиться как при модернизации оборудования, так и при выборе наиболее рациональных энергоносителей.

Повышение полезного использования энергии в технологических установках достигается и при техническом перевооружении, и при модернизации, и при интенсификации процессов. Однако возможно улучшение внутриагрегатного использования энергии на действующем оборудовании при осуществлении сравнительно простых мер. Примером может служить нормализация энергозатрат по результатам энергоэкономического анализа с сокращением эксплуатационных и режимных потерь и соответствующим повышением КПД и КПИ. Это достигается почти исключительно организационными мерами, при жестком соблюдении технологической и энергетической дисциплины и редко требует капитальных затрат. Такие затраты могут понадобиться на следующей ступени энергоэкономического совершенствования — при рационализации энергоиспользования. Экономический эффект подобных мероприятий может быть подсчитан как разность суммарных дисконтированных затрат по формуле, руб/год: тр

$$\mathcal{E} = \sum_{t=1}^{T_p} [(\mathcal{C}_э (b_{до} - b_{по}) \Pi_t - \Delta I_{рег\ t} - K_{н\ t}) (1 + E_{ср})^{-t}],$$

где  $\mathcal{C}_э$  — цена (тариф) энергии, руб/т у.т., руб/(кВт·ч), руб/Гкал;  $b_{до}$  и  $b_{по}$  — удельные расходы энергии до и после нормализации (или рационализации) энергоиспользования, т у.т., кВт·ч, Гкал на единицу продукции;  $\Pi_t$  — объем производства, ед. пр/год;  $\Delta I_{рег\ t}$  — возможные дополнительные годовые издержки по оптимальному регулированию процесса, руб/год;  $K_{н\ t}$  — возможные единовременные (капитальные) затраты на мероприятие, руб.

Если в результате рационализации энергоиспользования объем производства продукции увеличивается (есть возможность ее сбыта), то для расчета экономического эффекта не подходит критерий суммарных дисконтированных затрат. В этом случае расчет должен проводиться с использованием критерия чистого дисконтированного дохода.

Меры по рационализации энергоиспользования в технологии разнообразны и возможны на любом оборудовании, в любом процессе. Однако необходимо учитывать технологические требования в сочетании с энергетическими, поэтому такие мероприятия разрабатываются и осуществляются в тесном сотрудничестве технологов и энергетиков при обязательной технико-экономической оценке технологических, энергетических и других последствий.

Применение вторичных энергетических ресурсов практически не изменяет общий расход энергии в агрегате-источнике ВЭР, а экономия энергии достигается в замещаемых энергетических установках. Поэтому экономический эффект использования ВЭР рассчитывается как разность суммарных дисконтированных затрат — при применении ВЭР и в замещаемой энергогенерирующей установке. Вторичные энергоресурсы могут использоваться по четырем направлениям: топливному, тепловому, механическому (силовому) и комбинированному (для использования на утилизационных ТЭЦ — УТЭЦ). Независимо от этих направлений (рис. 2) экономический эффект утилизации ВЭР рассчитывается исходя из экономии топлива за счет ВЭР, руб/год:



Рис. 2. Направления использования ВЭР

$$\bar{\Delta}_{\text{ВЭР}} = \sum_{t=1}^{T_p} [(\bar{C}_t B_{\text{ВЭР}} - (\bar{I}_{\text{ВЭР}} - \bar{I}_{\text{зам}}) - (\bar{K}_{\text{ВЭР}} - \bar{K}_{\text{зам}}))(1 + E_{\text{ср}})^{-t}],$$

где  $B_{\text{ВЭР}}$  — экономия топлива за счет ВЭР, т у.т./год;  $\bar{C}_t$  — цена замещаемого топлива, руб/т у.т.;  $\bar{I}_{\text{зам}}$ ,  $\bar{I}_{\text{ВЭР}}$  — эксплуатационные издержки при эксплуатации замещаемой энергоустановки без стоимости расходуемого топлива и при утилизации ВЭР, руб/год;  $\bar{K}_{\text{ВЭР}}$ ,  $\bar{K}_{\text{зам}}$  — капитальные затраты (основные фонды) замещаемого энергоисточника и установки (при ненадежной работе утилизатора необходимо предусматривать резервные, дублирующие мощности).

Повышение надежности энергоснабжения и работы энергооборудования должно предотвратить экономический ущерб от аварийных остановов производства, особенно непрерывного (в химии, нефтехимии, металлургии и пр.), сопровождающихся также значительными энергетическими потерями из-за:

продукции, пошедшей в брак, на изготовление которой уже затрачена энергия;

порчи оборудования, на ремонт которого должны быть затрачены материалы, труд и энергия;

прямых потерь энергоносителей, например, при аварийном сливе конденсата;

энергозатрат на пуск оборудования после аварийного простоя, причем при этих пусках какое-то, иногда довольно продолжительное время, идет работа на холостом ходу и др.

Экономический эффект от повышения надежности энергоснабжения и энергооборудования  $\bar{\Delta}_n$  определяется сопоставлением дополнительных капиталовложений, требуемых для этого  $\bar{K}_n$ , дополнительных расходов при эксплуатации устройств, повышающих надежность  $\bar{I}_n$ , с величиной предотвращаемого среднего экономического ущерба от перерывов энергопитания  $Y_0$ , руб/год, умноженного на параметр потока отказов в системе энергоснабжения:

$$\bar{\Delta}_n = Y_0 \omega - (E_n \bar{K}_n + \bar{I}_n).$$

Энергосберегающая политика может и должна стать экономическим рычагом для повышения конкурентоспособности предприятия на рынке, где с ее помощью можно получить дополнительную прибыль. Наиболее эффективно эта политика проводится при организации внутрипроизводственного коммерческого расчета и системы экономических претензий



энергослужбы в отношениях с заводскими потребителями энергии и энергетических услуг.

### **Вопросы для самоконтроля**

Что собой представляет энергетическое хозяйство предприятий?

Из каких элементов состоит система энергоснабжения и система энергоиспользования?

Перечислите функции управления энергетикой предприятия.

Что такое коэффициент полезного действия?

В чем отличие коэффициента полезного действия от коэффициента полезного использования?

Что такое вторичные энергетические ресурсы?

Как классифицировать вторичные энергетические ресурсы?

Какие существуют пути использования вторичных энергетических ресурсов?

Какие мероприятия по повышению технического уровня основных фондов обеспечивают экономию ресурсов а промышленности?

Какие организационные мероприятия носят энергосберегающий характер?

### **Библиографический список**

1. Рогалев Н.Д., Федоров В.А., Федоров Е.А. Экономические и технологические основы энергоэффективного производства электроэнергии и тепла с использованием турбин малой и средней мощности. М.: Издательство МЭИ, 2002. 102 с.
2. Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов / М.: Высш. шк., 2001. 416 с.
3. Экономика промышленности: Учеб. пособие для вузов. В 3-х т. Т. 2. Экономика и управление энергообъектами. Кн. 1. Общие вопросы экономики и управления / А.И. Барановский, Н.Н. Кожевников, Н.В. Пирадова и др.; Под ред. А.И. Барановского, Н.Н. Кожевникова, Н.В. Пирадовой. М.: Издательство МЭИ, 1998. 296 с.
4. Экономика промышленности: Учеб. пособие для вузов. В 3-х т. Т. 2. Экономика и управление энергообъектами. Кн. 2. РАО «ЕЭС России». Электростанции. Электрические сети / Н.Н. Кожевников, Т.Ф. Басова, Н.С. Чинакаева и др.; Под ред. А.И. Барановского, Н.Н. Кожевникова, Н.В. Пирадовой. М.: Издательство МЭИ, 1998. 368 с.
5. Экономика промышленности: Учеб. пособие для вузов. В 3-х т. Т. 2. Экономика и управление энергообъектами. Кн. 3. Промышленная энергетика. Реализация продукции / Н.Н. Кожевников, А.Н. Златопольский, И.С. Бохман и др.; Под ред. А.И. Барановского, Н.Н. Кожевникова, Н.В. Пирадовой. М.: Издательство МЭИ, 1998. 264 с.
6. Энергетика в России и в мире: Проблемы и перспективы. М.: МЛИК «Наука / Интерпериодика», 2001. 136 с.
7. Экономика энергетики : учеб. пособие для вузов / Н.Д. Рогалёв, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др. ; под ред. Н.Д. Рогалёва. — М. : Издательство МЭИ, 2005. — 288 с.