

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика и экология»

Н. А. Смирнов

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ПОСОБИЕ

**по одноименной дисциплине для студентов
специальностей 1-43 01 05**

**«Промышленная теплоэнергетика»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2009

УДК 621.1(075.8)
ББК 31.38я73
С50

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 28.53.2008 г.)*

Рецензент: заав. каф. «Энергоснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн. наук
А. В. Сычев

Смирнов, Н. А.
С50 Теплоэнергетические системы промышленных предприятий : пособие для студентов специальностей 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» дневной и заочной форм обучения / Н. А. Смирнов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 48 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-870-1.

Содержит необходимые теоретические сведения о теплоэнергетических системах, методах их построения и оптимизации, выборе элементов систем, перспективы развития теплоэнергетических систем промышленных предприятий.

Для студентов специальностей 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.1 (075.8)
ББК 31.38я73

ISBN 978-985-420-870-1

© Смирнов Н. А, 2009
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Теплоэнергетическая система промышленного предприятия представляет собой сложный комплекс тесно взаимосвязанных по потокам энергоустановок и технологических агрегатов, которые потребляют и одновременно генерируют различные виды энергии. От правильно организованной работы всех элементов теплоэнергетической системы предприятия, взаимно увязанной по реальным графикам потребления и выхода энергоресурсов, зависит бесперебойность и экономичность работы как отдельных агрегатов, участков, цехов, так и предприятия в целом.

Теплоэнергетическая система промышленного предприятия (ТЭС ПП в дальнейшем) не является конгломератом различных энергетических и технологических агрегатов, а представляет собой сложное образование, имеющее свои закономерности и особенности. Рациональное построение ТЭС ПП определяет состав, параметры и режимы работы энергетических установок предприятия, включая утилизационные, а также связи с внешними источниками или потребителями энергоресурсов (топлива, тепловой, электрической энергии и др.).

Известно, что оптимальные решения могут находиться только при системном подходе, т. е. с учетом показателей всего комплекса взаимосвязанных установок. Изолированное рассмотрение отдельных установок (мощность, параметры, режимы и др.) может привести к крупным просчетам.

Рациональное построение теплоэнергетических систем сложнее, чем построение тепловой схемы, но не только из-за большего числа и разнохарактерности составляющих ее элементов, а главным образом из-за того, что графики выхода и потребления энергоресурсов технологическими агрегатами определяются целиком особенностями технологии и режима работы этих агрегатов.

В данном пособии, рассмотрены системы предприятий машиностроения, наиболее развитой отрасли в Республике.

Основной задачей построения ТЭС ПП является организация оптимального распределения и использования различных видов энергии для обеспечения надежной и экономичной работы как отдельных агрегатов, так и предприятия в целом, при этом необходимо учитывать реальные графики и режимы работы всех агрегатов, как генерирующих, так и потребляющих.

1.2. Виды энергоресурсов

К энергоресурсам (в дальнейшем ЭР) относятся все их виды, имеющиеся на предприятии, в том числе:

- пар различных источников генерации;
- горячая вода;
- горючие газы;
- физическая теплота технологических агрегатов, остывающей продукции по окончании техпроцесса;
- избыточное давление газов и жидкостей;
- сжатый воздух.

Выход и потребление указанных выше энергоресурсов значительно отличается на различных предприятиях, поэтому для его правильного построения и организации эксплуатации теплоэнергетических систем необходимо знать энергетические характеристики технологических агрегатов, а также основы соответствующих технологических процессов.

1.3. Значение рационального построения теплоэнергетической системы для эффективного использования топлива и других энергоресурсов

Существует ряд основных путей экономии энергоресурсов на предприятиях:

- внедрение энергосберегающих технологий;
- модернизация технологических и энергетических агрегатов и установок;
- использование вторичных энергоресурсов.

Оптимизация теплоэнергетических систем необходима для решения следующих задач:

- обеспечения бесперебойного снабжения всеми видами энергоресурсов заданных параметров;
- максимального использования всех внутренних энергоресурсов и определения направления их использования;

- обеспечения баланса прихода и расхода энергоресурсов в любой отрезок времени с учетом реальных графиков работы технологических агрегатов;
- резервирования источников энергоресурсов на предприятии;
- определения наиболее экономичных и эффективных связей теплоэнергетической системы с системами других предприятий, а также общими условиями энергоснабжения региона.

Одной из важнейших задач по оптимизации теплоэнергетических систем является снижение энергозатрат на единицу продукции.

1.4. Основы построения теплоэнергетической системы предприятия

Теплоэнергетическая система предприятия определяет состав, условия и режимы работы энергохозяйства предприятия, в частности типы и характеристики основного оборудования, входящего в состав системы. Поэтому одним из основных условий качественной разработки системы является оптимальный выбор основного оборудования, режимов его работы, взаимосвязь с другими энергетическими и технологическими агрегатами и установками.

В связи с вышеизложенным, необходимо так организовать построение и проектирование теплоэнергетической системы, чтобы выбор основного оборудования был выполнен на базе детальной предварительной проработки проекта.

Ряд исследований, направленных на поиски единого интегрального показателя степени совершенства теплоэнергетической системы на базе эксергии, привели к значительному усложнению в решении задачи, поэтому методики расчета степени совершенства систем на базе показателя эксергии не нашли практического применения. Одним из важнейших факторов, влияющих на степень совершенства теплоэнергетических систем, является максимальное рациональное использование вторичных энергоресурсов, которые образуются на предприятиях в технологических процессах и не используются с достаточной полнотой в генерирующих и технологических агрегатах.

Одной из характерных особенностей вторичных ресурсов является периодичность их выхода, что затрудняет их использование.

Возможности эффективного использования вторичных энергоресурсов зависят от энергетического потенциала, величина и характер которого определяется выражением:

$$\mathcal{E}_{\text{ВЭР}} = \mathcal{E}_{\text{Х}} + \mathcal{E}_{\text{Т}} + \mathcal{E}_{\text{Д}} + \mathcal{E}_{\text{К}}, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_x – химически связанная энергия горючих компонентов, равная теплоте сгорания этих компонентов; \mathcal{E}_T – физическая энергия, определяемая превышением температуры компонентов ВЭР над температурой окружающей среды; \mathcal{E}_d – физическая энергия, определяемая превышением давления компонентов ВЭР над давлением окружающей среды; \mathcal{E}_k – кинетическая энергия, определяемая скоростью движения компонентов ВЭР.

Большинство ВЭР имеет несколько составляющих энергетического потенциала. Так доменный или сланцевый газ содержит горючий оксид углерода СО и имеет теплоту сгорания 3500–5000 кДж/м³, давление 0,12–3,5 мПа и температуру 150–350 °С. Например, газы на выходе из сталеплавильного конвертера, продуваемого кислородом, имеет температуру 1500–1600 °С и теплоту сгорания после газоочистки 6500–8500 кДж/м³. Вопрос о том, к какой группе относить ВЭР, решается по доминирующему компоненту. Так, например, доменный и коксовый газ относят к горючим ВЭР.

1.5. Вторичные энергоресурсы

Вторичные энергоресурсы подразделяются:

- на горючие;
- на тепловые;
- на энергоресурсы избыточного давления.

Горючие ВЭР – это, как правило, газы-отходы технологического производства, которые могут быть использованы в качестве котельно-печного топлива.

Тепловые ВЭР – это тепловые отходы, горячие газы, вода, пар с относительно невысокой температурой, которые могут быть использованы для отопления, горячего водоснабжения и нагрева воды для технологических нужд.

Таблица 1.1

Классификация ВЭР

Вид ВЭР	Носители ВЭР	Энергетический потенциал	Направление использования
Горючие	Твердые, жидкие и газообразные отходы	Низшая теплота сгорания Q_H^P	Топливное. Сжигание в топках котлов и печей

Вид ВЭР	Носители ВЭР	Энергетический потенциал	Направление использования
Тепловые	Продукты горения, горячая вода, отходы производства, промежуточный продукт, охлаждение готовой продукции	Энтальпия h	Тепловое. Выработка пара, горячей воды, использование для целей отопления
	Отработанный (мятый) пар, пар вторичного вскипания	Энтальпия h	Тепловое и комбинированное. Покрытие потребности в тепле. Выработка электроэнергии
Избыточного давления	Газы с избыточным давлением	Энергия расширения	Электроэнергетическое. Выработка электроэнергии

ВЭР избыточного давления – это потенциальная энергия газов, давление которых необходимо снизить перед использованием или выбросом в атмосферу.

Тепловые и горючие ВЭР должны с достаточной полнотой использоваться в промышленности, причем тепловые можно трансформировать на более высокие параметры. Если в результате рассмотрения проекты этого не предусмотрено, проект следует возвращать на доработку.

Большую экономию дают утилизационные установки, встроенные в технологические процессы. К утилизационным установкам относятся котлы-утилизаторы, тепловые насосы, тепловые трансформаторы, тепловые трубы и другие использующие ВЭР.

В условиях дефицита энергоресурсов, использование ВЭР имеет большое значение в промышленной энергетике, особенно на предприятиях, где они образуются в больших количествах.

Построение современных теплоэнергетических систем невозможно без учета использования вторичных энергоресурсов. При этом необходимо обращать особое внимание на изучение причин, вызывающих дебалансы ВЭР.

2. ОРГАНИЗАЦИИ И СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Поскольку теплоэнергетические системы определяются в основном характером и спецификой производства, принимаем за основу

рассмотрение в данном случае специфику машиностроительного предприятия.

Построение и проектирование системы начинается с технического задания, когда осуществляется эскизная проработка системы и предварительное технико-экономическое обоснование.

При проектировании системы необходимо учитывать следующие факторы:

- реальность графиков потребления топливно-энергетических ресурсов;

- влияние на величину выхода вторичных энергоресурсов изменений в технологических процессах.

В результате предварительной проработки проекта, с учетом указанных выше факторов, получают зону оптимальных значений системы. Теплоэнергетические системы различных отраслей промышленности существенно отличаются друг от друга, поэтому совершенно очевидно, что для них будет различной и степень совершенства. Наиболее характерными показателями совершенства для большинства теплоэнергетических систем являются:

- минимальная доля энергоемкости в себестоимости продукции;
- бесперебойное и качественное энергоснабжение, т. е. энергоносители должны быть заданных параметров, качества и количества в течение технологического процесса;

- максимальное использование вторичных энергоресурсов;

- максимальная надежность, безопасность и экологичность;

- минимум капитальных затрат.

На стадии проектного задания проводится тендер среди проектных организаций на проведение работ по данному конкретному объекту. При прочих равных условиях предпочтение отдается организации с высокой репутацией, предложившей прогрессивные, малоэнергоемкие, экологически безопасные технологии. При этом учитываются сроки выполнения проектных работ, капитальные затраты на объект, себестоимость и срок окупаемости.

На современном этапе значительно вырос уровень проектирования, повысилось качество типовых разработок, качественно улучшилась техническая оснащенность проектных организаций.

Важным направлением совершенствования организации и методов проектирования во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства является внедрение в практику работы проектных организаций систем автоматизированного проектирования (САПР) с применением вычислительной техники. Применение САПР позволяет со-

кратить сроки проектирования, обеспечивает возможность моделирования поведения объектов в процессе их эксплуатации, выбора оптимального варианта проектного решения.

К числу основных задач совершенствования организации и качества проектирования относятся:

- наиболее полная реализация в проектах достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта;

- повышение эффективности капитальных вложений за счет индустриальных методов строительства, внедрение в проекты предприятий высокопроизводительного оборудования, установок и агрегатов большой единичной мощности;

- высокая степень механизации и автоматизации производств с целью максимального сокращения или исключения вообще ручного труда в технологических процессах;

- разработка мероприятий по повышению степени заводской готовности поставляемого оборудования, строительных изделий и конструкций;

- применение наиболее экономичных транспортных схем завоза сырья, топлива, материалов, комплектующих изделий и вывоза готовой продукции;

- применение индустриальных методов строительства и эффективных форм его организации.

С целью сокращения сроков и улучшения качества проектирования разработка индивидуальных проектов при наличии типовых допускается только в исключительных случаях.

В энергетике и других отраслях промышленности осуществляется строительство по типовым и повторяющимся проектам. Построению и проектированию энергетических систем предшествует большая подготовительная работа, разрабатываются перспективные на 5–10 лет схемы развития и размещения предприятий промышленности и сельского хозяйства.

В целях сокращения сроков выдачи готовой проектно-сметной документации проектирование осуществляется в одну стадию – рабочий проект со сводными и локальными сметами, расчетом стоимости оборудования, зданий и сооружений, строительство которых будет осуществляться по типовым и повторно применяемым проектам, а также для технически не сложных объектов.

В две стадии:

- 1) рабочий проект со сводными и локальными сметами, расчетом стоимости оборудования, зданий и сооружений;

- 2) рабочая документация – рабочие чертежи.

Проектирование в две стадии осуществляется тогда, когда строительство ведется по индивидуальным проектам крупных и сложных объектов. Разработка проектов промышленных предприятий и энергетических систем осуществляется совместно с учетом специфики конкретного производства.

Проектирование осуществляется на основании технического задания заказчика, утвержденного в установленном порядке. Основными нормативными документами при этом являются строительные нормы и правила (СНиП и СНБ), нормы технологического проектирования, техническая документация на оборудование (паспорта) и материалы (сертификаты).

Проектирование осуществляется с учетом следующих факторов:

- наличия источников электроснабжения;
- возможности получения тепловой энергии в виде пара и горячей воды от действующих районных, заводских котельных, ТЭЦ;
- наличия источников водоснабжения;
- наличия транспортных артерий: железнодорожных, автомобильных, водных;
- экологической обстановки в регионе;
- технико-экономического обоснования;
- прочих факторов.

3. ВЫБОР МОЩНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

3.1. Общая характеристика систем теплоснабжения

Практически всем предприятиям отраслей промышленности нужен пар различных параметров на технологические нужды, горячая вода на отопление и вентиляцию, горячее водоснабжение, технологические нужды. В зависимости от характера и величины тепловых нагрузок теплоснабжения промышленных предприятий осуществляется от собственных, районных котельных или от теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Частичное покрытие тепловых нагрузок может быть осуществлено за счет вторичных энергоресурсов, что снижает затраты на теплоснабжение. Для более полного использования вторичных энергоресурсов необходимо знать характеры реальных графиков выхода ВЭР, приходов и расходов первичных энергоресурсов, экономичные способы их балансирования и резервирования, а также способы выравнивания производительности и параметров утилизационных установок.

Большое значение для рационального построения теплоэнергетических систем имеет правильный выбор основного оборудования генерирующих и теплоутилизационных установок.

3.2. Графики тепловых нагрузок промышленных предприятий

Для построения теплоэнергетических систем промышленных предприятий используются графики выхода и потребления теплоносителей: пара, горячей воды, горячих газов (продуктов сгорания), горючих газов, образующихся в технологических процессах.

Преимущественно для технологических процессов требуется пар давлением не свыше 0,4–0,8 МПа, в зависимости от потребителя. На предприятиях, как правило, сооружают одну, общую для всех потребителей, систему паропроводов.

На некоторых предприятиях, технологические потребители которых не требуют высокого давления, редуцирование пара от парогенераторов осуществляется в паровых турбинах, работающих в режиме противодействия. Промышленные котлы типа ДКВР, ДЕ, КЕ генерируют пар давлением 1,4 и 2,4 МПа. Редуцируя пар в турбогенераторах с противодействием до 0,4–0,8 МПа, предприятие получает дешевую электрическую энергию. Это очень удобный, экономичный способ повышения коэффициента использования топлива. Затраты на его внедрение окупаются в течение 1,5–2 лет.

Расход теплоносителей на промышленных предприятиях характеризуется существенной неравномерностью, что значительно усложняет построение экономичной теплоэнергетической системы. Графики потребления энергоресурсов зависят от сезонности, времени суток и сменности работы предприятия. Для построения теплоэнергетической системы необходимо предварительно провести режимно-наладочные работы по всему входящему в систему технологического и энергетического комплекса оборудования и построить графики потребления и выхода энергоресурсов по времени суток, а также для характерных сезонных месяцев.

На рис. 3.1 в левой части графика показано изменение тепловых нагрузок на отопление (Q_O), вентиляцию (Q_B), горячее водоснабжение (Q_T) и суммарная нагрузка ($Q_{СУМ}$) в кДж/с в зависимости от температуры наружного воздуха.

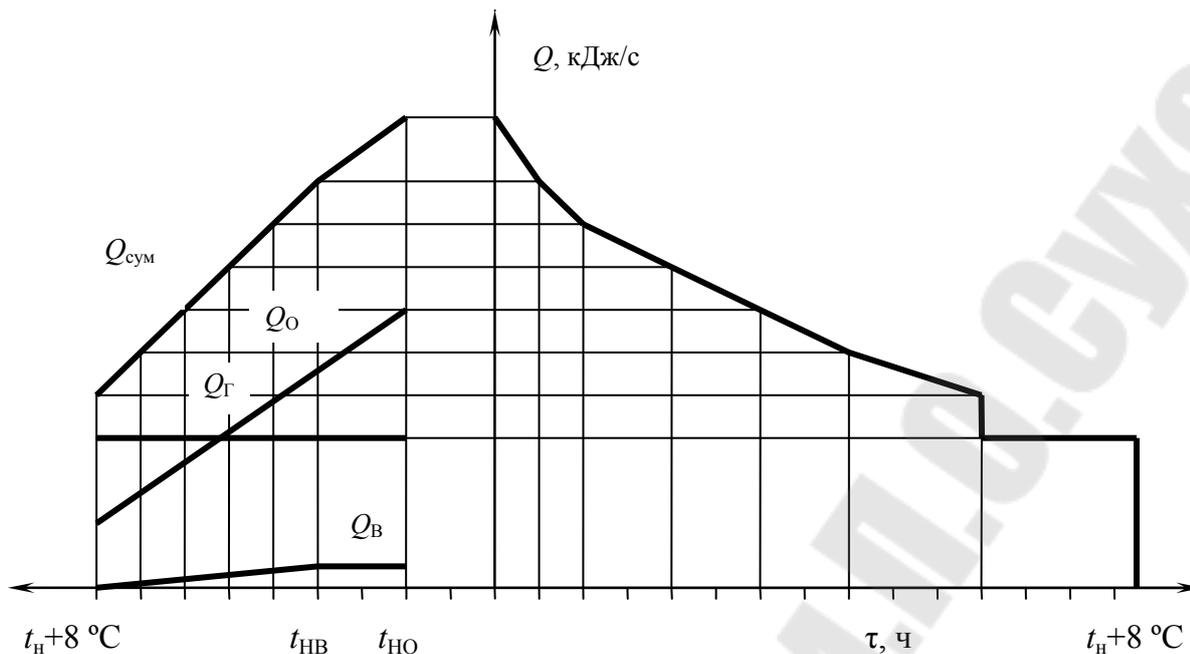


Рис. 3.1. График расхода теплоты по продолжительности тепловых нагрузок в течение отопительного сезона

В правой части графика показан расход теплоты в зависимости от времени стояния среднесуточных температур.

На рис. 3.2 показан расход пара машиностроительным заводом в течение смены с 8 до 17 ч.

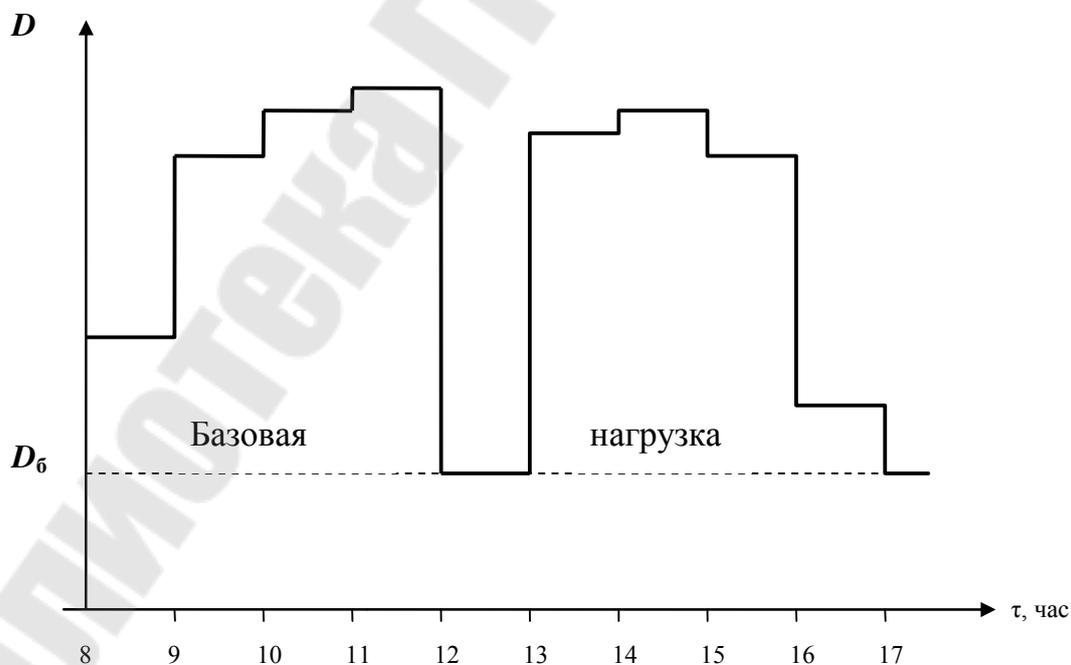


Рис. 3.2. График потребления пара машиностроительным заводом в течение смены: τ – время в часах суток; D – потребление пара, т/ч

Из графика видно, насколько неравномерно технологическое потребление тепла в виде пара.

Часовые расходы менее подвержены колебаниям, поэтому для практических расчетов принимаются как равномерные. Неравномерности сезонного потребления тепла выравниваются пиковыми источниками, т. к. экономически нецелесообразно пиковые нагрузки покрывать за счет основных генераторов тепла.

Для выравнивания паропроизводительности утилизационной установки используются схемы с подтопкой и рециркуляцией газов.

Рассмотрим технические и экономические аспекты подтопки. Схема подтопки котла-утилизатора, установленного за нагревательной печью, показана на рис. 3.3. Котел-утилизатор обогревается уходящими газами технологического агрегата. Когда расход и температура газа по тем или иным причинам уменьшаются, паропроизводительность котла-утилизатора снижается. Повысить ее можно путем сжигания топлива в подтопочном устройстве. Таким образом, можно обеспечить необходимую паропроизводительность котла-утилизатора. Общий коэффициент использования ВЭР значительно возрастает.

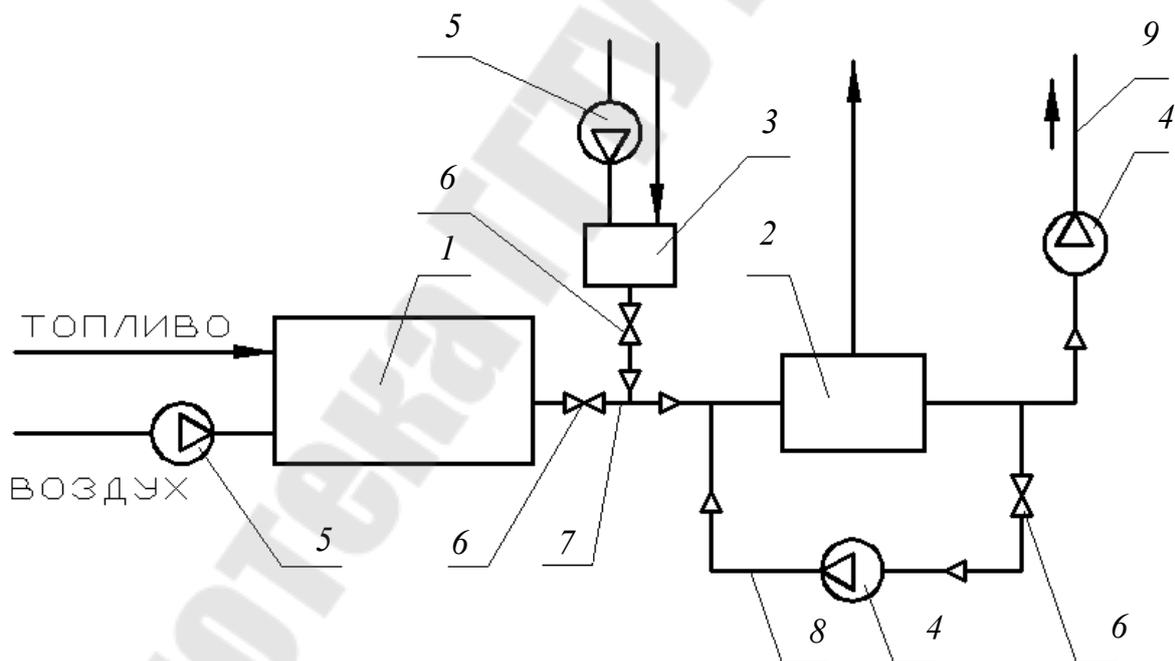


Рис. 3.3. Схема установки котла-утилизатора за нагревательной печью с подтопкой и рециркуляцией газов. 1 – технологический агрегат; 2 – котел-утилизатор; 3 – выносная топка; 4 – дымосос; 5 – вентилятор; 6 – заслонка (шибер); 7–9 – газоходы

Один из способов выравнивания графика выхода вторичных энергоресурсов – аккумулялирование производственного пара в период

избыточного его поступления с выдачей для покрытия пиковых расходов. Принципиальная схема установки показана на рис. 3.4.

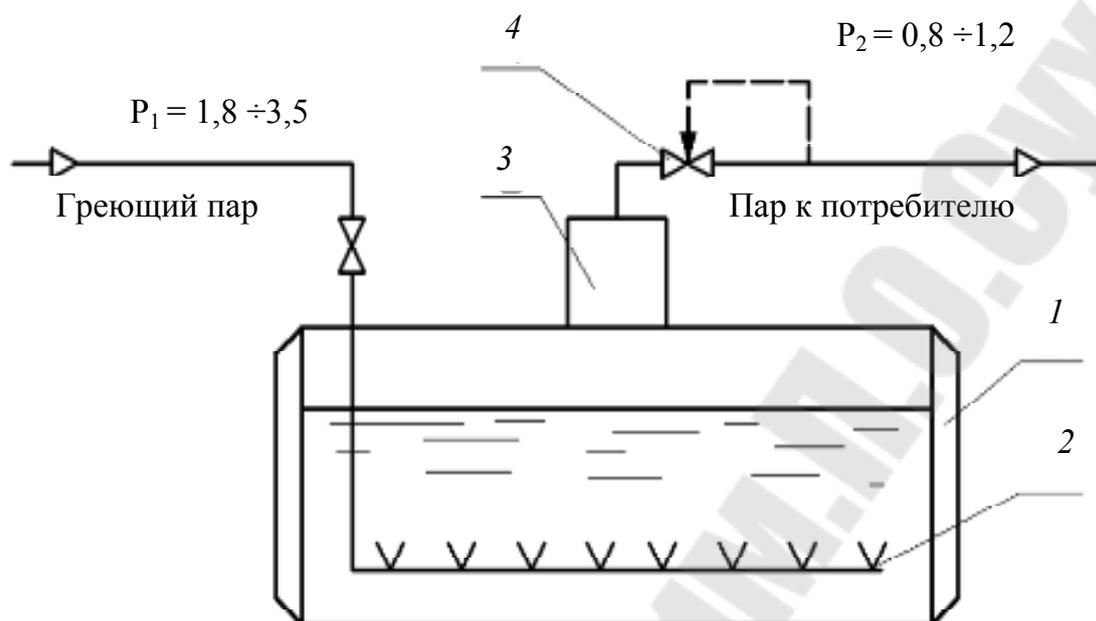


Рис. 3.4. Принципиальная схема аккумулятора пара: 1 – бак-аккумулятор; 2 – подогреватель-смеситель; 3 – паросборник-сепаратор; 4 – регулятор давления «после себя»

Пар, поступающий в сосуд, подогревает воду до температуры насыщения при данном давлении – 206 °С. При этом в сосуде в конце зарядки устанавливается давление $P_1 = 1,8$ МПа. Давление отпускаемого пара потребителям поддерживается автоматически регулятором «после себя», который обеспечивает подачу пара в заданных пределах 0,8–1,2 МПа. При выдаче пара давление в сосуде падает, вода вскипает, образуя так называемый пар вторичного вскипания.

4. СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПАРΟΣНАБЖЕНИЯ

Система технологического пароснабжения является частью общей теплоэнергетической системы предприятия и от ее рационального построения зависит эффективность работы всей системы.

Источниками пароснабжения могут быть паровые электростанции, промышленные котельные, а также котлы-утилизаторы, встроенные в технологические линии промышленных предприятий.

Присоединение потребителей к системам пароснабжения может быть:

а) непосредственным – от источника пара в систему абонента;
б) независимым – присоединение через теплообменные аппараты.
Это позволяет от одного источника получать различные параметры пара, исключив редуцирование и возможные загрязнения конденсата.

В зависимости от требований энергетических или технологических потребителей пар может генерироваться насыщенным или перегретым.

Схема сетей пароснабжения определяется расположением источников пара, потребителей, качеством и количеством необходимого потребителям пара.

Пар в качестве универсального энерго- и теплоносителя широко используется:

- для генерации электрической энергии на тепловых и атомных электростанциях;
- для привода мощных турбовоздуходувок и компрессоров в горно-обогатительной и металлургической промышленности;
- для разогрева мазута при сжигании его в топках котлов и печей, распыления топлива в паромеханических форсунках;
- для деаэрации воды на электростанциях и котельных;
- для обезжиривания деталей на машиностроительных заводах;
- для нагрева воды для хозяйственных и технологических нужд;
- для обеспечения работы различных технологических аппаратов и установок в нефтехимической, пищевой, текстильной, фармацевтической и других отраслях промышленности.

От совершенства построения системы пароснабжения зависит эффективность использования пара. Оптимизация системы ставит своей задачей: снижение потерь тепла излучением от агрегатов, установок, распределительной сети паропроводов, снижение потерь тепла с утечками, увеличение возврата конденсата.

Важным моментом эффективности использования пара является согласование графиков генерации и потребления. Необходимо также учитывать при этом потребление тепловой энергии для целей отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, если не предусмотрены иные источники тепла.

4.1. Основные требования к прокладке и конструкции паропроводов

Основные требования конструкции к расчету и прокладке изложены в СНиП 2.04.07–86 «Тепловые сети». Правила приемки работ:

– материалы для изготовления, ремонта и монтажа трубопроводов тепловых сетей, независимо от параметров теплоносителя, следует принимать в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», утвержденными Министерством по чрезвычайным ситуациям и Министерством труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30.11.1998 г.;

– для трубопроводов пара следует применять стальные электросварные трубы. Бесшовные трубы допускается применять для трубопроводов с параметрами теплоносителя, для которых применение сварных труб;

– максимальные пролеты труб между подвижными опорами на прямых участках надлежит определять расчетом труб на прочность, исходя из возможности максимального использования несущей способности труб по допускаемому прогибу, принимаемому не более $0,02 D_y$, м;

– рабочее давление и температура теплоносителя для выбора труб, арматуры и деталей трубопроводов, а также для расчета трубопроводов на прочность и при определении нагрузок от трубопроводов на опоры труб и строительные конструкции следует принимать:

а) для паровых сетей:

– при получении пара непосредственно от котлов – по номинальным значениям давления и температуры пара на выходе из котлов;

– при получении пара из регулируемых отборов или противодавления турбин – по давлению и температуре пара на выводах от ТЭЦ;

– при получении пара после редуционно-охладительных, редуционных (РОУ, РУ) – по давлению и температуре после установки;

б) для конденсатных сетей:

– давление – по наибольшему давлению в сети при работе насосов с учетом рельефа местности;

– температуру – по температуре насыщения пара непосредственно перед конденсатоотводчиком.

Рабочее давление и температуру теплоносителя принимать едиными для всего трубопровода независимо от его протяженности и источника тепловой энергии до теплового пункта.

Для тепловых сетей, кроме тепловых пунктов и сетей горячего водоснабжения, не следует применять арматуру:

– из серого чугуна – в районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$;

– из ковкого чугуна – в районах с расчетной температурой наружного воздуха ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$;

– на спускных и дренажных устройствах применять арматуру из серого чугуна не допускается;

– на выводах тепловых сетей от источников теплоснабжения и на вводах в тепловые пункты должна предусматриваться стальная запорная арматура;

– на трубопроводах тепловых сетей допускается применение арматуры из бронзы и латуни (в соответствии с рабочими давлением и температурой);

– применять запорную арматуру в качестве регулирующей не допускается;

– для тепловых сетей, как правило, должна приниматься арматура с концами под приварку или фланцевая.

Муфтовую арматуру допускается применять условным проходом $D_y \leq 100\text{ мм}$ при давлении теплоносителя $1,6\text{ МПа}$ и ниже, и температуре $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже в случаях применения водогазопроводных труб.

На паровых сетях $D_y \geq 200\text{ мм}$ при $P_y \geq 1,6\text{ МПа}$ следует предусматривать обводные трубопроводы с запорной арматурой (разгрузочные байпасы).

– задвижки и затворы $D_y \geq 500\text{ мм}$ следует принимать с электроприводом;

– запорную арматуру на тепловых сетях следует предусматривать:

а) на всех трубопроводах выводов тепловых сетей от источника теплоснабжения независимо от параметров и диаметров трубопроводов и на конденсатопроводах на вводе к сборному конденсатному баку, при этом не допускается дублирование арматуры внутри и вне здания;

б) в узлах ответвлений на трубопроводах $D_y \geq 100\text{ мм}$, а также в узлах ответвлений на трубопроводах к отдельным зданиям. При длине ответвлений к отдельным зданиям до 30 м и при $D_y \geq 50\text{ мм}$ допускается запорную арматуру не устанавливать:

– условные проходы штуцеров и запорной арматуры для дренажей и выпуска воздуха паровых и конденсатных сетей;

– в нижних точках паровых сетей и перед вертикальными подъемами следует предусматривать постоянный дренаж. Дренаж следует предусматривать также и на прямых участках паропроводов: через каждые 400 м при попутном уклоне и через 200 м – при встречном;

– для пускового дренажа паровых сетей следует предусматривать штуцера с запорной арматурой;

– для постоянного дренажа паровых сетей или при совмещении постоянного с пусковым следует предусматривать штуцера с заглушками условным проходом согласно приложению;

– для компенсации тепловых удлинений применяются следующие компенсирующие устройства:

а) гибкие компенсаторы из труб (Π-образные);

б) используются также углы поворота от 90° до 130° (самокомпенсация);

в) сильфонные, линзовые, сальниковые (на параметры согласно техническим характеристикам компенсатора);

– сальниковые компенсаторы допускаются принимать при параметрах пара $P_y \leq 2,5$ МПа и $t \leq 300$ °С для трубопроводов $D_y \geq 100$ мм при подземной прокладке и на низких опорах. Расчетную компенсирующую способность следует принимать на 50 мм меньше предусмотренной конструкцией компенсатора.

5. СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Горячее водоснабжение промышленных предприятий подразделяется на технологическое и для хозяйственно-бытовых нужд, причем они не могут быть совмещены. Вода для горячего водоснабжения на хозяйственно-бытовые нужды должна соответствовать требованиям ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством», в то время как для воды для технологического горячего водоснабжения такие требования необязательны, кроме предприятий, использующих горячую воду для технологических целей, связанных с обработкой и приготовлением пищевых продуктов.

Горячая вода, как правило, подается потребителям через тепловые пункты. Тепловые пункты в зависимости от количества присоединенных зданий подразделяются на индивидуальные (ИТП) – для присоединения одного или части здания, и центральные (ЦТП) – для присоединения двух и более зданий.

Проектирование и расчет систем горячего водоснабжения осуществляется в соответствии с СНИП 2.04.07–86 «Тепловые сети», раздел 11. Тепловые пункты и «Руководством по проектированию тепловых пунктов».

Необходимость обработки воды следует определять по нормам проектирования и в случаях использования воды для хозяйственно-бытовых нужд в соответствии требованиями СНИП 2.04.01 «Внутренний водопровод и канализация зданий», а также СНИП 2.04.07–86 «Тепловые сети».

Особенностью систем промышленного горячего водоснабжения является высокий коэффициент одновременности использования, поэтому необходимо предусматривать баки-аккумуляторы.

6. СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ОПТИМИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ЭНЕРГОБАЛАНСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ

Энергетический баланс является основным обобщающим документом для комплексного изучения и разработки теплоэнергетической системы предприятия и перспективного ее развития.

Под энергетическим балансом понимается система взаимосвязанных показателей получения и использования на предприятиях всех видов энергоресурсов.

При составлении энергетического баланса учитываются взаимосвязи энергетики предприятия с технологией производства, отражаются внутренние связи между отдельными частями энергохозяйства и структурными подразделениями предприятий.

В ходе составления и анализа энергетических балансов должны решаться все главные вопросы энергоиспользования, энергосбережения, энергоснабжения предприятий:

- выявление и использование ресурсов экономии топлива и энергии;
- перевод технологических процессов на наиболее рациональные виды и параметры энергоносителей;
- интенсификация технологических процессов и совершенствование режима работы энергетического оборудования.
- определение потребности в энергии и обоснование способов и источников ее обеспечения:
- обоснование внедрения новой энергетической техники.

Наряду с этим разработка энергетических балансов предприятий создает научно-техническую базу нормирования потребления топлива и энергии, что способствует рациональному и экономичному использованию энергоресурсов.

В зависимости от решаемых задач энергетические балансы подразделяются:

- на балансы отдельных процессов, агрегатов или группы однотипных;
- на балансы совокупных производственных процессов цехов или участков;
- на балансы предприятия в целом.

Балансы, составляемые по отдельным энергиям (тепловой, электрической и др.), называются частными. По своему назначению энергобалансы предприятий подразделяются на проектные, плановые, нормативные, фактические и перспективные. Энергетические балансы могут составляться с разделением подведенной энергии по целевому назначению – структурные или аналитические, с выделением полезной составляющей от потерь по элементам.

Проектные балансы составляются для проектируемых или реконструируемых предприятий и используются для разработки теплоэнергетических систем.

Фактические балансы энергетического вида служат основой для анализа фактического энергоиспользования, выявления источников потерь и оценки резервов экономии энергии.

Плановые – необходимы для текущего планирования энергопотребления и энергоснабжения предприятия.

Нормативные – строятся на базе прогрессивных норм потерь и отражают потенциально возможный уровень энергоиспользования и выявления резервов экономии топлива и энергоресурсов.

Перспективные – соответствуют плановым программам предприятия на длительный срок (5, 10 и более лет).

6.1. Составление тепловых балансов теплопотребляющих установок

Структура теплового баланса установки

Под теплопотребляющими установками понимают установки, у которых основным (первичным) теплоносителем является пар или горячая вода. К ним относятся различные рабочие машины с паровым приводом, паровые и водяные отопительно-вентиляционные установки и многообразные технологические аппараты, потребляющие пар или горячую воду. При составлении теплового баланса теплопотребляющей установки количество подведенного к ней тепла (Q_T) определяется по формуле

$$Q_T = D \cdot (h - h_{св}) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж} \quad (3)$$

где D – количество подведенного к установке теплоносителя, кг; h – энтальпия теплоносителя на входе в установку, кДж/кг; $h_{св}$ – энтальпия сырой воды, кДж/кг.

В случае получения тепла от внутренних источников, количество тепла ($Q_{подв}$) определяется:

$$Q_{\text{подв}} = Q_{\text{т}} + Q_{\text{вн}}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{вн}}$ – тепло от внутренних источников.

В том случае, если имеет место возврат тепла установкой, то величина подведенного к установке тепла определяется:

$$Q_{\text{т}} = Q_{\text{подв}} - Q_{\text{в}}, \quad (5)$$

$$Q_{\text{в}} = D_{\text{в}}(h_{\text{в}} - h_{\text{св}}) \cdot 10^{-6} \text{ ГДж}, \quad (6)$$

где $D_{\text{в}}$ и $h_{\text{в}}$ – соответственно количество (кг) и энтальпия (кДж/кг) возвращенного теплоносителя (обратная горячая вода или др.).

Уравнение теплового баланса установки, отнесенное к величине расчетного располагаемого тепла $Q_{\text{р}}$, в общем виде:

$$Q_{\text{р}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (7)$$

где Q_1 – полезный расход тепла; Q_2 – потери тепла с уходящими из установки теплоносителями; Q_3 – потери тепла от неполноты использования (потери с пролетным паром и др.); Q_4 – потери тепла с утечками; Q_5 – потери тепла в окружающую среду.

6.2. Определение полезного расхода энергии

Определение величины полезного расхода тепла Q_1 для отдельных процессов должно производиться в соответствии с общими указаниями по составлению энергетических балансов.

В общем случае в технологических установках полезный расход тепла в процессе тепловой обработки металла рассчитывается по формуле

$$Q_1 = Q_{1\text{н}} + Q_{1\text{пл}} + Q_{1\text{исп}}, \quad (8)$$

где $Q_{1\text{н}} = GC(t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) \cdot 10^{-6}$ – расход тепла на нагрев, ГДж; G – количество нагреваемого материала, кг; C – средняя теплоемкость нагреваемого материала в интервале температур от $t_{\text{н}}$ до $t_{\text{к}}$, кДж/кг · с.

$$Q_1 = Q_{1\text{н}} + Q_{1\text{пл}} + Q_{1\text{исп}} + Q_{1\text{энд}}; \quad (9)$$

а) Расход тепла на нагрев:

$$Q_{1\text{н}} = G \cdot c \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж}, \quad (10)$$

где G – количество нагреваемого материала, кг; c – средняя теплоемкость нагреваемого материала в интервале температур от 0 до t °С (КДж/кг · К); t_n, t_k – начальная и конечная температуры материала °С;

б) Расход тепла на плавление:

$$Q_{1 \text{ пл}} = G \cdot q_{\text{пл}} \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж}, \quad (11)$$

где $q_{\text{пл}}$ – теплота плавления (КДж/кг);

в) Расход тепла на испарение влаги (сушильные установки):

$$Q_{1 \text{ исп}} = G_{\text{пл}} \cdot (h_{\text{п}} - h_{\text{исп}}) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж}, \quad (12)$$

где $h_{\text{исп}}$ – начальная энтальпия влаги материала на входе в установку, КДж/кг; $G_{\text{пл}}$ – количество испаряемой влаги, определяемое из материального баланса, кг.

Энтальпия пара $h_{\text{п}}$ в воздухе на выходе из аппарата при конечной температуре процесса принимается равной

$$h_{\text{п}} = 2492 + 1,97 \cdot t, \text{ КДж/кг}.$$

Величина полезно использованного тепла силовыми потребителями может быть определена двумя способами:

а) как произведение расхода пара на разность теплосодержания:

$$Q_1 = D_1 \cdot (h_1 - h_{2,a}) \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot 10^{-6}, \text{ БДж}, \quad (13)$$

где D_1 – расход пара на агрегат, кг; h_1 – энтальпия пара перед агрегатом, КДж/кг; $h_{2,a}$ – энтальпия отработанного пара на выходе из агрегата (КДж/кг); $\eta_{oi}, \eta_{\text{мех}}$ – соответственно внутренний относительный и механический КПД;

б) как произведение средней эффективной мощности на число часов работы агрегата:

$$Q_1 = 2650 \cdot N_e^{\text{cp}} \cdot \tau \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж}, \quad (14)$$

где N_e^{cp} – средняя эффективная мощность.

$$N_e^{\text{cp}} = k_{\text{загр}} \cdot N_{\text{ном}}, \quad (15)$$

где $k_{\text{загр}}$ – коэффициент загрузки, τ – число часов работы агрегата, ч.

6.3. Определение потерь тепла с уходящими из установки теплоносителями

В общем случае эти потери могут состоять из потерь с основным и промежуточным теплоносителем. Потери тепла с основным (отработанным паром, конденсатом) теплоносителем:

$$Q_{2т} = D_{\text{пот}} \cdot (h_2 - h_{\text{св}}) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж}, \quad (16)$$

где $D_{\text{пот}}$ и h_2 – соответственно количество теряемого конденсата или отработанного пара и его энтальпия; $h_{\text{св}}$ – энтальпия сырой воды.

Величина $D_{\text{пот}}$ определяется обычно расчетным путем:

$$D_{\text{пот}} = D - (D_{\text{пп}} + D_{\text{пр}} + D_{\text{обд}} + D_{\text{ут}} + D_{\text{в}}), \quad (17)$$

где $D_{\text{пп}}$ – количество пролетного пара, кг; $D_{\text{пр}}$ и $D_{\text{обд}}$ – соответственно количество продувочного и обдувочного пара, кг; $D_{\text{ут}}$ – количество утечек пара, кг; $D_{\text{в}}$ – количество возвращенного в сеть конденсата или отработанного пара, кг:

$$D_{\text{в}} = \frac{Q_{2в} + Q_s^{431}}{h_{2в} - h_{\text{кон}}}, \quad (18)$$

где $Q_{2в}$ – отпуск тепла в виде горячей воды, определяемой по расходу, ГДж; $h_{2в}$ и $h_{\text{кон}}$ – энтальпия отработанного пара и конденсата, полученного из него, ГДж/кг.

Потери тепла с промежуточным теплоносителем, главным образом воздухом, имеют место в различных сушильных установках. В других установках эта составляющая равна нулю. Величина Q_2 определяется:

$$Q_2 = Q_{\text{в}} [(H_{2в} - H_{1в}) + 0,01 \cdot d_1 (H_{2п} - H_{1п})] \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж}, \quad (19)$$

где $Q_{\text{в}}$ – количество расходуемого сушилкой сухого воздуха, кг определяемого из материального баланса сушильной установки, кг; $H_{1в}$ и $H_{2в}$ – энтальпия абсолютно сухого воздуха (кг) на входе и выходе из сушильной установки, кДж/кг, принимаем равной 1,01t; $H_{1п}$ и $H_{2п}$ – энтальпия пара, содержащегося в воздухе на входе в калорифер и на выходе из сушилки при тех же температурах, (кДж/кг); d_1 – начальное влагосодержание воздуха (г/кг).

6.4. Определение потерь тепла с пролетным паром

Определяется по общему для всех пароиспользующих установок выражению:

$$Q_3 = D_n \cdot X_n \cdot (h - h_{ce}) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж}, \quad (20)$$

где $X_n = \frac{h_{2в} - h_2}{r}$,

где $h_{2в}$ – энтальпия смеси конденсата и пролетного пара за установкой (кДж/кг), определяемая по данным испытаний и замеров; r – скрытая теплота парообразования (кДж/кг).

6.5. Потери тепла с продувкой, обдувкой и утечками

Расход тепла на продувку, обдувку и утечки определяются следующим образом:

$$Q_{4 \text{ прод}} + Q_{4 \text{ обд}} + Q_{4 \text{ ут}} = (D_{\text{прод}} + D_{\text{обд}} + D_{\text{ут}}) \cdot (h_{\text{п}} - h_{\text{св}}) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж}, \quad (21)$$

где $D_{\text{прод}}$, $D_{\text{обд}}$, $D_{\text{ут}}$ – соответственно количество пара, расходуемого на продувку, обдувку и теряемого с утечками (кг); $h_{\text{п}}$ – теплосодержание пара.

6.6. Определение потерь тепла в окружающую среду

Величина потерь в окружающую среду Q_5 определяется как сумма потерь с излучением, охлаждением и аккумуляцией. При установившемся режиме потери через неизолированные поверхности:

$$Q_5 = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sum (q_{5i}^{\text{уд}} \cdot F_i) \cdot \tau, \text{ ГДж}, \quad (22)$$

где F_i – элементарные площадки, имеющие одинаковую или близкую по значению конфигурацию и температуру; τ – количество часов работы оборудования; $q_{5i}^{\text{уд}}$ – удельные потери тепла с i – й поверхности, кВт/м².

$$q_{5i}^{\text{уд}} = \alpha \cdot \Delta t \cdot 10^{-3} \quad (23)$$

где Δt – разность температур излучающей поверхности и окружающей среды, °С; α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м² · град.

Если температура изолированной теплоотдающей поверхности неизвестна:

$$q_{5i}^{уд} = k \cdot \Delta t' = \frac{t_2 - t_1}{R}, \quad (24)$$

где $\Delta t'$ – разность температур внутренней стенки оборудования (t_2) и температурой окружающей среды (t_1), °С; k – коэффициент теплопередачи через изоляцию и стенку оборудования (Вт/м² · град); R – термическое сопротивление тепловому потоку, проходящему через ограждение (изоляцию и стенку оборудования) к окружающей среде.

6.7. Потери тепла с охлаждением

Потери тепла с охлаждением можно характеризовать следующим выражением:

$$Q_{5 \text{ охл}} = G_{\text{охл}} \cdot C_{\text{охл}} \cdot (t_2 - t_1) \cdot 10^{-6} \text{ ГДж}, \quad (25)$$

где $G_{\text{охл}}$ – расход (масса) охлаждающего агента, кг; $C_{\text{охл}}$ – теплоемкость охлаждающего агента (кДж/кг · град); t_1 и t_2 – начальная и конечная температура агента, °С.

Потери тепла с аккумуляцией:

$$Q_{\text{акк}} = \sum (G_i \cdot C_i \cdot (t_2 - t_1) \cdot n \cdot 10^{-6}), \text{ ГДж}, \quad (26)$$

где G_i – масса отдельных частей оборудования, транспортных устройств, нагреваемая до одинаковой температуры, кг; C_i – теплоемкость отдельных частей оборудования, транспортных устройств; n – число пусков оборудования; t_1 и t_2 – средняя по массе начальная и при установившемся режиме конечная температура оборудования и транспортных устройств.

7. БАЛАНС ТЕПЛОЭНЕРГИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Баланс теплоэнергии предприятия указывает целевое использование тепла по процессам и установкам и степень использования тепла по стадиям распределения и потребления энергии. Отпуск теплоэнергии для всех групп потребителей определяется по формуле

$$Q_m = [D_m (h_0 - h_{\text{св}}) - D_v (h_v - h_{\text{св}})] \cdot 10^{-6} \text{ ГДж}, \quad (27)$$

где D_m и D_v – соответственно массы в кг подведенного и отведенного теплоносителя; h_0 и h_v – энтальпии подведенного теплоносителя (па-

ра, горячей воды) и отведенного теплоносителя (возвращенного в сеть конденсата, обратной сетевой воды, мягкого пара), кДж/кг; $h_{св}$ – энтальпия сырой воды, кДж/кг.

Тепловые потери в общезаводских сетях рассчитываются по известным формулам теплопередачи, при этом необходим более точный учет всех параметров – длины участков, диаметров, толщины от качества изоляции.

В общем случае потери в сетях складывается из потерь тепла теплопроводностью через изоляцию и излучением через неизолированные части конструкции теплопроводов (задвижки, вентили, фланцы, опоры и др.) и дополнительных потерь через неизолированные или с поврежденной изоляцией участки – $\Delta Q_{изл}$ (если таковые имеют место). Потери тепла с утечками $Q_{ут}$ в сетях перегретого пара, как правило, незначительные. В сетях насыщенного пара потери с утечками могут достигать значительной величины и определяются на основании замеров или принимаются ориентировочно. Потери тепла изолированными частями трубопроводов и неизолированными элементами тепловой сети (арматурой, фланцевыми соединениями и др.) определяются:

$$Q_{изл} = \sum q_l \cdot (K_{п} \cdot l + \Delta l) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж}, \quad (28)$$

где l – геометрическая длина теплопровода, м; Δl – длина теплопровода, эквивалентная по тепловым потерям неизолированными элементами тепловой сети, м; $K_{п}$ – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные потери через опоры; q_l – удельные тепловые потери, отнесенные к одному погонному метру теплопровода:

$$q_l = \frac{(t_T - t_o) \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из}} \cdot \ln \frac{d_{из}}{d_n} + \frac{1}{\alpha_{из} \cdot \pi \cdot d_{из}}}, \text{ кВт/м}, \quad (29)$$

где t_T и t_o – температура теплоносителя и окружающей среды, °С; $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляции, Вт/м · град; $d_{из}$ – диаметр изоляционного слоя, м; d_n – наружный диаметр теплопровода без изоляции, м; $\alpha_{из}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающую среду, Вт/м² · град).

Величина дополнительных потерь неизолированных трубопроводов:

$$\Delta Q_{\text{из}} = m \cdot l_p \cdot \tau_{\text{тр}} \sum [\pi \cdot d \cdot \alpha \cdot (t_{\text{т}} - t_{\text{о}}) - q_1] \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж}, \quad (30)$$

где m – отношение доли площади непокрытой изоляцией части трубопровода ко всей поверхности участка; l_p – длина трубопровода тех участков, где нарушена изоляция (м); $\tau_{\text{тр}}$ – число часов работы трубопровода; α – коэффициент теплоотдачи от неизолированной поверхности трубопровода к окружающей среде ($\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$).

Коэффициент теплоотдачи α :

$$\alpha = 3 + 0,04 \cdot t_{\text{т}} + 6\sqrt{\omega}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}, \quad (31)$$

где ω – скорость омывающего теплопровод воздуха, м/с.

Аналогичным методом определяются теплопроводы с другими теплоносителями. Потери тепла в преобразовательных установках (аккумуляторные установки, станции перекачки конденсата, подогреватели воды и др.) рассчитываются по формулам теплопередачи или по разнице подведенного и отпущенного тепла.

Величина потерь в преобразовательных установках $Q_{\text{пот}}$, в подогревателях, аккумуляторах рассчитывается по соответствующим формулам теплопередачи для плоской, сферической или цилиндрической поверхности. Величина потерь станции мягого пара определяется:

$$Q_{\text{пот}} = (Q_{\text{мп}} + Q_{\text{оп}}) - Q_1 = Q_2 - Q_5, \quad (32)$$

где $Q_{\text{мп}}$ – тепло, подведенное с мягым (отработанным) паром; $Q_{\text{оп}}$ – тепло острого пара (свежего); Q_1 – отпущенное потребителю тепло; Q_2 – потери тепла с теплоносителем (с конденсатом, утечками); Q_5 – потери тепла в окружающую среду.

Величина отпущенного потребителем тепла Q_1 определяется по формуле

$$Q_1 = [G_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{пр}} - t_{\text{обр}}) - G_{\text{обр}} (t_{\text{обр}} - t_{\text{св}})] \cdot 4,187, \text{ ГДж}, \quad (33)$$

где $G_{\text{пр}}$ и $G_{\text{обр}}$ – количество прямой и обратной воды, кг; $t_{\text{пр}}$, $t_{\text{обр}}$, $t_{\text{св}}$ – соответственно температуры прямой, обратной и сырой воды, °С.

Тепло, подведенное в редуцированном паре:

$$Q_{\text{оп}} = D_{\text{оп}} \cdot (h_{\text{оп}} - h_{\text{св}}) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж}, \quad (34)$$

где $D_{\text{оп}}$ – количество редуцированного пара, подведенное к станции мягого пара, кг; $h_{\text{оп}}$ – энтальпия редуцированного пара, кДж/кг.

Тепло, подведенное с мятым (отработанным) паром, определяют по формуле:

$$Q_{\text{мп}} = \frac{(Q_1 + Q_5 + Q_{\text{оп}})(h_{\text{мп}} - h_{\text{св}})}{h_{\text{мп}} - h_{\text{мп}}^{\text{к}}} - D_{\text{в}}(h_{\text{мп}} - h_{\text{св}}), \text{ ГДж}, \quad (35)$$

где $h_{\text{мп}}$ – энтальпия мятого пара, кДж/кг; $h_{\text{мп}}^{\text{к}}$ – энтальпия конденсата, кДж/кг.

Методика определения потерь при распределении в цехах, других структурных подразделениях предприятия аналогично методике определения потерь в общезаводских тепловых сетях.

8. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

8.1. Роль энергетических балансов в определении резерва экономии энергоресурсов

Энергетические балансы имеют глубоко экономическое содержание, несмотря на то, что при их составлении приходится оперировать в основном физическими величинами и техническими показателями.

В балансах содержится вся основная информация, необходимая для проектирования и оценки эффективности теплоэнергетической системы предприятия.

При разработке плана мероприятий по реализации теплоэнергетической системы важное значение имеет определение эффективности каждого мероприятия в отдельности. Поскольку каждое мероприятие связано с изменением какой-либо статьи баланса, то его эффективность достаточно точно может быть определена на основе балансовых расчетов, в которых учитывается изменение соответствующей статьи при условии постоянства остальных. Этим приемом широко пользуются в экономическом анализе.

Важное значение при оценке эффективности отдельных элементов теплоэнергетических систем имеет использование коэффициента использования теплоносителя:

$$\eta_{\text{и}} = 1 - q_2 - q_3 - q_4. \quad (36)$$

8.2. Эффективность мероприятий по снижению потерь от недоиспользования и неполноты использования теплоносителя

Эффективность мероприятий по снижению потерь от недоиспользования и неполноты использования теплоносителя (с уходящими газами, конденсатом, отработанным паром, пролетным паром, химической и механической неполноты сгорания) может быть определена по следующему выражению:

$$\Delta \mathcal{E}_{1,2,3,4} = \mathcal{E} \cdot \left(1 - \frac{\eta_{\text{н}}}{\eta_{\text{эн}}^{\text{н}}}\right), \quad (37)$$

$\eta_{\text{эн}}^{\text{н}}$ – нормативный коэффициент использования теплоносителя, определяемый по формуле (36) при нормативном значении рассматриваемой статьи $q_{2\text{н}}$, $q_{3\text{н}}$ или $q_{4\text{н}}$.

Для определения $q_{3\text{н}}$ и $q_{4\text{н}}$ промышленных котельных можно воспользоваться нормативным методом «Тепловой расчет котельных агрегатов», а для определения $q_{2\text{н}}$ необходимо использовать нормативные данные о температуре уходящих газов и коэффициенте избытка воздуха. По формуле (37) может быть определена эффективность мероприятий по подогреву воздуха уходящими газами, совершенствованию газогорелочных устройств, автоматизации и наладке работы агрегата.

8.3. Эффективность мероприятий по снижению потерь в окружающую среду и уменьшению полезного расхода тепла

Эффективность мероприятий, связанных со снижением потерь в окружающую среду и уменьшению полезного расхода тепла:

$$\Delta \mathcal{E}_{1,5} = \frac{(Q_1 - Q_{1\text{н}}) + (Q_5 - Q_{5\text{н}})}{\eta_{\text{эн}}}, \quad (38)$$

где $Q_{1\text{н}}$ – нормативная величина полезного расхода тепла, определяемая расчетным путем для нормальных параметров технологического процесса и качества исходных материалов; $Q_{5\text{н}}$ – нормативная величина потерь тепла в окружающую среду при нормальном состоянии и толщине изоляции.

8.4. Эффективность мероприятий по использованию вторичных энергоресурсов

Эффективность мероприятий по использованию вторичных энергоресурсов (использование пролетного пара, отработанного пара, пара вторичного вскипания, тепла котлов-утилизаторов, установок испарительного охлаждения):

$$\Delta Q_{\text{ВЭР}} = Q_{\text{ВЭР}} [b_{\text{зам}} - (b_{\text{к}} - b_{\text{т}}) \cdot \alpha \cdot Y], \quad (39)$$

где $Q_{\text{ВЭР}}$ – количество полезно использованных у потребителей ВЭР, ГДж; $b_{\text{зам}}$ – удельный расход топлива ГДж на производство 1 ГДж тепла в замещаемой установке (котельная, ТЭЦ), ГДж; $b_{\text{к}}$ и $b_{\text{т}}$ – удельные расходы топлива на производство электроэнергии по конденсационному и теплофикационному циклу (ГДж/тыс. кВт · ч); Y – удельная теплофикационная выработка на тепловом потреблении (кВт · ч/ГДж); α – доля ВЭР, замещающих отбор ТЭЦ; при теплоснабжении от котельной принимается равной нулю, и второй член уравнения не учитывается.

Следует учитывать, что определение общей эффективности экономии энергии на предприятии не может быть определено путем простого суммирования отдельных мероприятий. Величина резерва экономии энергии должна определяться только на основе сопоставления фактических и нормативных балансов.

9. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ АНАЛИЗА ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗЕРВОВ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Периодически, как правило, один раз в 5 лет необходимо проводить детальный технико-экономический анализ работы энергохозяйства (энергоаудит) с целью всесторонней оценки его экономического и технического состояния, выявления резервов и разработки научно-обоснованных планов развития и реконструкции теплоэнергетической системы предприятия.

Такой анализ должен производиться на основе составления и глубокого изучения энергетических балансов предприятий, их важнейших установок и процессов.

Основные задачи анализа энергетических балансов (дебалансов) отдельных установок, процессов и предприятия в целом:

- оценка фактического уровня энергоиспользования и определение возможности его повышения;
- определение размеров и определение основных причин потерь энергии во всех элементах энергохозяйства;
- выявление внутривозможных резервов экономия топлива и энергии;
- определение выхода и использования вторичных энергетических ресурсов;
- анализ причины неравномерности потребления первичных энергоресурсов и выхода вторичных;
- оценка эффективности использования различных видов энергоносителей, их параметров в отдельных процессах и установках;
- изучение эффективности внедрения новой техники и технологий на показатели энергоиспользования на предприятии;
- исследование возможностей интенсификации и улучшения режимов работы оборудования;
- разработка перспективных планов повышения экономичности энергоиспользования предприятием на 5–10 лет.

Обязательным условием получения оптимальных по всем тесно взаимосвязанным вопросам повышения экономичности и эффективности теплоэнергетической системы предприятия является комплексность анализа энергоиспользования. Поэтому анализ энергетических балансов предприятий и их важнейших технологических процессов и установок необходимо проводить на основе комплексного рассмотрения технологических и энергетических схем, исследования взаимосвязей между отдельными участками энергохозяйства, изучение режимов работы оборудования и оценки влияния всех этих факторов на энергетическую экономичность предприятия.

Результатом анализа баланса процесса или установки является разработка мероприятий, улучшающих экономичность ее работы: повышение КПД и снижения удельного расхода энергии и топлива на единицу продукции. В результате анализа энергетического баланса предприятия разрабатываются мероприятия общезаводского характера, направленные в основном на повышение экономичности, надежности как отдельных установок так и теплоэнергетической системы предприятия в целом. К этим мероприятиям относятся: перевод технологических процессов на рациональные виды и параметры энергоносителей, улучшение использования вторичных энергоресурсов, развитие систем сбора и возврата конденсата, горячей воды, пара вто-

ричного вскипания, внедрение более экономичных энергогенерирующих установок и оборудования.

Сравнение показателей энергоиспользования изучаемых объектов – основной прием анализа. Главным объектом анализа должны являться статьи соответствующих энергетических балансов.

Необходимость поэлементного рассмотрения балансов определяется тем, что только при этом обеспечивается наиболее полное выявление внутривозводских резервов. При этом выявляются конкретные мероприятия по проектированию и совершенствованию теплоэнергетических систем. Величину резервов экономии энергии предполагается определять путем сопоставления достигнутого уровня энергоиспользования с потенциально возможным и реально достигнутым в условиях данного предприятия прогрессивным уровнем использования энергии.

В качестве такого уровня предполагается принимать уровень энергоиспользования, характеризуемый нормативным энергетическим балансом, составляемым на базе технически и экономически обоснованных нормативов экономии энергии:

$$\Delta Q = \sum Q_i - \sum Q_{i_{\text{эк}}}, \quad (40)$$

где Q_i и $Q_{i_{\text{эк}}}$ – соответственно статьи фактического и экономически обоснованного балансов рассматриваемого объекта.

Величины отдельных статей нормативного баланса Q_i необходимо устанавливать для условий:

- экономически обоснованного применения новой техники и технологии для каждого рассматриваемого объекта и процесса;
- нормальных (оптимальных) режимов работы установок;
- оптимального качества сырья и заготовок;
- оптимального развития хвостовых поверхностей;
- оптимальной толщины и качества тепловой изоляции и т. д.

Нормативы постоянных, независимых от производительности, потерь должны устанавливаться в кВт, кДж на единицу выпускаемой продукции, на м² ограждающих конструкций и т. п. Нормативы переменных потерь, как правило, следует устанавливать в доле от подведенной энергии.

Необходимым условием получения правильных результатов расчета резервов экономии энергии является обеспечение сопоставимости сравниваемых энергетических балансов. Это достигается составлением нормативного и фактического балансов на один и тот же

годовой объем работ или выпуска продукции одинакового состава и количества.

Составление сводного нормативного энергетического баланса предприятия является завершающим этапом анализа фактического баланса предприятия.

По аналогии с фактическим энергетическим балансом предприятия нормативный баланс строится как сумма взаимоувязанных индивидуальных балансов отдельных установок и процессов.

Формы фактического и нормативного балансов идентичны, однако порядок их составления различен. Составление нормативного энергетического баланса всегда производится «снизу вверх». В первую очередь заполняется статья «полезное использование энергии». Величины нормальных потерь каждой группы установок и процессов определяются как сумма нормальных (нормативных) потерь отдельных установок. После определения нормативных потерь следует перейти к определению нормативных потерь при распределении.

Их величина определяется, исходя из нормативного коэффициента потерь при распределении η_p'' .

Величина η_p'' определяется с учетом эффективности разработанных к внедрению мероприятий по снижению потерь в сетях. Подробное изучение расчета потерь в транспортирующих теплосетях рассматривается на лекциях по дисциплине аналогичного наименования.

Суммируя нормативный расход энергии всеми установками с полученной величиной потерь в сетях, получают нормативный отпуск энергии от генерирующих установок. Нормативный расход топлива генерирующими установками определяется путем деления полученного отпуска энергии на нормативный КПД генерирующих установок. Последний, в свою очередь, определяется из нормативного баланса этих установок с учетом эффективности мероприятий по повышению экономичности процесса генерирования.

Составленный таким образом нормативный энергетический баланс учитывает эффективность всех мероприятий по повышению экономичности отдельных установок, однако он не учитывает еще возможную эффективность мероприятий по использованию вторичных энергоресурсов. После составления нормативного баланса в первом варианте определяются выход и потенциально возможное использование вторичных энергоресурсов (уходящих газов, отработанного пара, пара вторичного вскипания и др.).

В результате анализа баланса, сопоставления размеров выхода вторичных энергоресурсов и реальных возможностей их использования разрабатываются мероприятия по увеличению использования ВЭР.

После технико-экономического обоснования этих мероприятий и выбора наиболее эффективных из них, составляется окончательный вариант нормативного энергетического баланса предприятия. Этот баланс служит основой для оценки общей величины резервов экономии энергии на предприятии. Для реализации этих резервов составляется сводный план организационно-технических мероприятий по улучшению энергоиспользования на предприятии. Форма балансов показана в Приложениях 1, 2, 3.

Для целей планирования и нормирования энергопотребления важное значение имеет разделение общей величины резервов ΔQ на резервы, которые могут быть использованы без затрат или с проведением малозатратных мероприятий уже в текущем периоде, и резервы, которые могут быть реализованы в более отдаленной перспективе.

В соответствии с вышеизложенным, общую величину резервов целесообразно разделить на текущие Q_T и перспективные резервы экономии энергии – $Q_{П}$.

Величину текущих резервов предлагается определить путем сравнения фактического энергобаланса объекта с его балансом, составленным на базе технически обоснованных нормативов отдельных потерь. Чтобы такой баланс отражал передовые показатели энергоиспользования, достигнутые для действующей техники, нормативы должны устанавливаться исходя из нормативных условий работы оборудования, т. е. при технически исправном его состоянии, номинальной производительности, параметров технологического процесса.

В технологически обоснованном нормативном балансе, как правило, необходимо учитывать проведение только малозатратных мероприятий, не требующих специального проектирования или дорогостоящего оборудования.

Величину текущих резервов можно определить по формуле

$$\Delta Q_T = \sum Q_i - \sum Q_{ин} \quad (41)$$

где $\sum Q_{ин}$ – технически обоснованный баланс; $\sum Q_{i эк}$ – экономически обоснованный баланс.

Технически обоснованные нормативы отдельных статей Q_{in} могут быть получены по паспортным данным из материалов режимно-наладочных испытаний или по техническим справочным материалам.

Величину перспективных резервов предполагается определить путем сравнения двух нормативных энергетических балансов:

$$\Delta Q_{п} = \sum Q_{in} - \sum Q_{i эк}, \quad (42)$$

10. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ СТРАНЫ И ОПТИМИЗАЦИИ ТОПЛИВНОГО БАЛАНСА

10.1 Перспективы развития теплоэнергетических систем промышленных предприятий

Развитие промышленности и всего народно-хозяйственного комплекса приводит к все более тесным взаимосвязям и взаимозависимостям между отдельными составляющими производственных и энергетических комплексов. В частности, возрастает влияние развития энергетики страны и ее топливно-энергетического баланса на теплоэнергетические системы промышленных предприятий, на оптимальное построение их топливных и энергетических балансов, условия использования вторичных энергоресурсов, состав и параметры энергоустановок, режимы их работы и др. Общеизвестна необходимость системного рассмотрения и решения всех вопросов, касающихся оптимизации энергетических систем, а также расчетов энергетических и экономических показателей ТЭС ПП как предприятия в целом, так и отдельных цехов, участков и производств. Поэтому современные теплоэнергетические системы необходимо проектировать и строить с учетом перспектив развития энергетики всей страны.

Одним из важнейших вопросов построения ТЭС ПП является вопрос о выборе топлива, как для технологических, так и энергетических агрегатов и установок, которые в большой степени зависят от топливного баланса страны и региона в частности.

В настоящее время большинство котлоагрегатов работает на органическом топливе и только сравнительно небольшая часть – на электроэнергии.

Ряд технологических агрегатов может работать на твердом топливе, что особенно актуально в связи со значительным повышением цен на природный газ, нефть и нефтепродукты.

Между тем ресурсы органического топлива ограничены, поэтому рациональное их использование имеет первостепенное значение. В этой связи необходимо уделять особое внимание использованию твердых топлив, а также альтернативных источников энергоресурсов. Энергия солнечного излучения, энергия ветра, энергия рек должна быть использована с целью частичного замещения органического топлива. Значительное количество небольших городов, поселков, поселений и деревень с успехом может использовать древесину и древесные отходы в качестве топлива для отопления, горячего водоснабжения и даже для выработки электроэнергии. Необходимо максимально использовать энергетический потенциал малых рек. Все это в комплексе повысит энергетическую безопасность страны. Возобновляемые энергоресурсы могут помочь электрифицировать и обеспечить тепловой энергией большое количество мелких потребителей энергии, централизованное энергоснабжение которых связано с большими капитальными затратами.

Избавиться от энергетической зависимости поможет использование атомной энергии, при этом нельзя сбрасывать со счетов использование альтернативных источников энергии.

10.2. Топливо-энергетический комплекс. Перспективы развития

Основой развития ТЭС ПП является всемерное совершенствование топливо-энергетического комплекса (ТЭК) страны. Главной задачей ТЭК является надежное и качественное обеспечение народного хозяйства в электрической и тепловой энергии.

Важнейшей формой развития ТЭК являются топливо-энергетические балансы установок, участков, цехов, предприятий и страны в целом. В настоящее время основным источником энергии является углеводородное топливо – природный газ и нефть, составляющие свыше 90 % от общей потребности в топливе. Все это, учитывая, что углеводородное топливо экспортируется, увеличивает энергетическую зависимость страны от стран экспортеров.

Чтобы снизить эту зависимость, в стране разработана и внедряется государственная комплексная программа модернизации основных фондов энергетической системы, энергосбережения и увеличение

использования собственных топливно-энергетических ресурсов на 2006–2010 г. и на более дальнюю перспективу. Интенсивное развитие отраслей топливно-энергетического комплекса в республике способствовало созданию мощной энергетической базы экономики страны. В дальнейшем темпы обновления основных фондов были ниже темпов старения ранее созданных мощностей и к 2005 г. уровень износа достиг 60,7 %.

Важную роль в обеспечении энергетической безопасности страны, а также сокращение объемов потребления импортируемых топливно-энергетических ресурсов и их диверсификация должны обеспечить реализацию республиканских, отраслевых и региональных программ энергосбережения, организационно-механический механизм, стимулирующий максимальное внедрение энергоэффективных технологий и оборудования во всех отраслях промышленности, сельского хозяйства и социальной сфере.

Достижение поставленной цели базируется на реализации комплекса мероприятий:

- централизованное управление всеми стадиями процесса производства, транспортировки и потребления энергоносителей;
- государственное регулирование тарифов на электрическую, тепловую энергию и цен на топливо;
- сбалансированная модернизация и развитие генерирующих источников, электрических и тепловых сетей энергосистемы;
- изменение динамики обновления основных энергетических фондов энергосистемы и в промышленности;
- разработка и контроль реализации программ энергосбережения;
- снижение затрат на производство, добычу и транспортировку всех видов топлива и энергии;
- постепенная диверсификация поставки всех видов топлива и энергии;
- разработка и строительство атомной электростанции.

Реализация государственной программы позволит повысить в сфере энергетики:

- уровень энергобезопасности за счет обновления основных фондов, энергосбережения и увеличение использования местных, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии;
- надежность работы энергосистемы за счет обновления и модернизации основных фондов энергетики.

В качестве прогнозируемых результатов к 2010 г. предусматривается снижение энергоемкости ВВП не менее чем на 25 % к уровню 2005 г.

Приложение 1

Таблица П.1.1

Баланс теплотребляющей установки, ГДж

Статьи баланса	За время производительной работы, ГДж	За период холостого хода, ГДж	Всего		
			ГДж	%	
				брутто	нетто
Подведено к установке в том числе: в паре в горячей воде с вторичными ресурсами с теплом от внутренних источников					
Расход на пуски					
Подведено без расхода на пуски					
Передано вторичных энергоресурсов					
Подведено к установке, нетто					
Потери при использовании: с пролетным паром с утечками, с продувками в окружающую среду					

с промежуточным теплоносителем					
Полезно использовано в том числе: уносится с охлаждающими агентами					
<u>Забалансовые статьи</u>					
Внутренний оборот тепла в установке					

Приложение 2

Таблица П.2.1

Тепловой баланс топливопотребляющей установки

Статьи баланса	ГДЖ	% брутто	% нетто
Подведено к установке: уголь природный газ тепло внутренних источников			
Расход на пуски			
Расход на холостой ход			
Подведено без расхода на пуски и холостой ход		100,0	
Передано вторичных энергоресурсов в том числе: горячие дымовые газы пар испарительного охлаждения			
Подведено к установке нетто			
Потери при использовании в т.ч. потери тепла с уходящими дымовыми газами			
Потери тепла от химической неполноты сгорания			

Потери тепла в окружающую среду			
Потери тепла с очаговыми остатками			
Полезно использовано			
<u>Забалансовые статьи</u>			
Внутренний оборот			

Приложение 3

Таблица П.3.1

Энергетический баланс предприятия, ГДж

Наименование статей	Электроэнергия			Теплоэнергия			Непосредственное потребление и переработка топлива					Всего	% к итогу
	От районных электростанций	От собственных электростанций	Итого	От районных установок	От собственных установок	Итого	Установки по переработке	Плавильные печи	Прочие печи	Транспорт	Итого		
А. Приходная часть													
Природные топливные ресурсы в том числе: уголь, газ, нефть, дрова и т. д.		X	X		X	X	X						X
Гидроэнергия		X	X										
Продукты переработки топлива:													
а) со стороны в том числе:													
кокс, брикеты, мазут и т. д.		X	X		X	X					X		X
б) собственного производства в том числе:													
генераторный газ и т. д.		[+]	[+]		[+]	[+]	[-]	[+]					X

43

Продолжение табл. П.3.1

Наименование статей	Электроэнергия			Теплоэнергия			Непосредственное потребление и переработка топлива					Всего	% к итогу
	От районных электростанций	От собственных электростанций	Итого	От районных установок	От собственных установок	Итого	Установки по переработке	Плавильные печи	Прочие печи	Транспорт	Итого		
Электроэнергия и теплоэнергия со стороны	x		x	x		x						x	x
Вторичные топливно-энергетические ресурсы													
[+] получено; [-] отпущено													
в том числе:													
а) топливные отходы		[+]	[+]		[+]	[+]	[-]	[-]	[+]		x	x	x
б) горючие газы		[+]	[+]		[+]	[+]	[-]	[-]	[+]		x	x	x
Всего потреблено	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Б. Расходная часть													
Всего израсходовано энергоресурсов	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Потери при хранении и распределении топлива	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Отпущено топлива	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
в том числе													
заводским потребителям													
Потери при переработке топлива							x				x	x	x
Отпущено топлива	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
в том числе													
заводским потребителям													

Наименование статей	Электроэнергия			Теплоэнергия			Непосредственное потребление и переработка топлива					Всего	% к итогу
	От районных электростанций	От собственных электростанций	Итого	От районных установок	От собственных установок	Итого	Установки по переработке	Плавильные печи	Прочие печи	Транспорт	Итого		
Обмен энергии ([+] получено, [-] отпущено)		[+]	[+]		[+]	[+]	[-]	[+]	[+]		X	X	X
Подведено с учетом обмена	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Потери при производстве	X	X	X	X	X	X							
Отпущено энергии	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Потери при распределении	X	X	X	X	X	X							
Отпущено потребителям			X			X		X	X	X	X	X	X
в том числе													
заводским			X			X		X	X	X	X	X	X
Потери в цеховых сетях			X			X		X	X	X	X	X	X
Подведено к аппаратам			X			X		X	X	X	X	X	X
Приход тепла от экзотермических реакций			X			X		X	X		X	X	X
Обмен энергии: [+],[-]							[-]	[-]	[-]		X	X	X
Подведено с учетом экзотермии и обмена			X			X		X	X	X	X	X	X

Наименование статей	Электроэнергия			Теплоэнергия			Непосредственное потребление и переработка топлива					Всего	% к итогу
	От районных электростанций	От собственных электростанций	Итого	От районных установок	От собственных установок	Итого	Установки по переработке	Плавильные печи	Прочие печи	Транспорт	Итого		
Потери при использовании:			X			X		X	X	X	X	X	X
а) в силовых процессах			X			X		X			X	X	X
б) в высокотемпературных процессах			X					X	X		X	X	X
в) в средне- и низкотемпературных процессах			X			X						X	X
Полезно использовано в процессах в том числе:													
а) силовых			X			X		X	X	X	X	X	X
б) высокотемпературных			X			X		X	X		X	X	X
в) средне- и низкотемпературных			X					X	X		X	X	X
Повторное использование			X			X						X	X
а) теплотехнических продуктов						X		X			X	X	X
б) возврат конденсата						X		X			X	X	X

Примечание. Знаки «х», [+] и [-] означают, что данная графа заполняется; знак [+] означает получение, а [-] – отпуск энергоресурса.

Литература

1. Сазанов, Б. В. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий / Б. В. Сазанов, В. И. Ситас. – Москва : Энергоатомиздат, 1990.
2. Промышленные тепловые электростанции / М. И. Баженов [и др.]. – Москва : Энергия, 1979.
3. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – Издательство МЭИ, 2001.
4. Парогенераторы / под ред. А. П. Ковалева. – Москва, 1966.
5. Теплоснабжение и вентиляция / под ред. Б. М. Хрусталева. – Минск, 1977.
6. СНиП 2.04.07-91 «Тепловые сети».
7. Липов, Ю. М. Котельные установки и парогенераторы / Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков. – Москва, 2005.
8. Справочник монтажника тепловых и атомных электростанций / под ред. В. П. Банника. – Москва : Энергоиздат, 1981.
9. Теплотехнический справочник т.1, М.: Энергия, 1975.
10. Теплотехнический справочник т.2, М.: Энергия, 1976.
11. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов (ПУБЭ М 0.00.1.08-96).
12. Насосы, компрессоры, вентиляторы / В. М. Черкасский [и др.]. – Москва : Энергоиздат, 1962.

Содержание

Введение.....	3
1. Общая характеристика теплоэнергетических систем машиностроительной промышленности	4
2. Организации и стадии проектирования теплоэнергетических систем	8
3. Выбор мощности и параметров энергетического оборудования промышленных предприятий	11
4. Системы технологического пароснабжения	15
5. Системы горячего водоснабжения промышленных предприятий	19
6. Составление и анализ оптимизированных комплексных энергобалансов предприятий.....	20
7. Баланс теплоэнергии промышленного предприятия.....	26
8. Методика определения эффективности мероприятий по экономии топлива и тепловой энергии	29
9. Общие принципы анализа энергоиспользования и определения резервов экономии энергии на предприятиях.....	31
10. Перспективы развития энергетики страны и оптимизации топливного баланса	36
Приложение 1	39
Приложение 2	40
Приложение 3	42
Литература	47

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Смирнов Николай Андреевич

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Пособие

**по одноименной дисциплине для студентов
специальностей 1-43 01 05**

**«Промышленная теплоэнергетика»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *М. В. Аникеенко*
Компьютерная верстка *Е. В. Темная*

Подписано в печать 03.09.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,53.

Изд. № 102.

E-mail: ic@gstu.gomel.by
<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.