

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ И  
ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ**

**Сборник учебно-методических материалов**

Для направления подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Благовещенск, 2017

*Печатается по решению  
Редакционно-издательского совета  
Энергетического факультета  
Амурского государственного  
университета*

Составитель: Артюшевская Е.Ю. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 13.03.01. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017

©Амурский государственный университет, 2017  
© Кафедра энергетики, 2017  
© Артюшевская Е.Ю., составитель

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| 1. Краткий курс лекций  | 4  |
| 2. Методические рекомендации к практическим занятиям              | 13 |
| 3. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов | 20 |
| 4. Библиографический список                                       | 22 |

## 1. КРАТКИЙ КУРС ЛЕКЦИЙ

### **Тема 1. Актуальность рационального использования энергетических ресурсов в России и в мире.**

Энергосбережение - комплекс мер по реализации правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) топливо - энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

Проблема снижения энергетических затрат, энергосбережения становится все более актуальной в мировом аспекте. Особенно актуальна эта проблема для российской экономики, поскольку в России энергоёмкость промышленного производства и социальных услуг оказывается во много раз выше общемировых показателей. Эта проблема еще более обостряется в связи с постоянным увеличением в нашей стране стоимости энергоносителей: природного газа, нефтепродуктов, электроэнергии и т.д. В себестоимости продукции в России доля энергозатрат часто становится доминирующей. В связи с этим конкурентоспособность отечественной продукции все больше зависит именно от экономного расходования энергетических ресурсов. Подавляющую часть энергоресурсов представляют в настоящее время так называемые не возобновляемые источники энергии в виде органических минеральных топлив. Это природный газ, нефть, уголь, торф и другие виды топлив.

Использование этих топлив как энергетических источников приводит и к значительным выбросам. Поэтому проблема энергосбережения тесно связана с решением ряда важных экологических проблем, в том числе и глобальных.

Проблема энергосбережения стала остро актуальной и в коммунальной сфере, где энергетические затраты, выраженные в денежной форме, оказались особенно обременительными для российского бюджета и населения.

В настоящее время имеется научно обоснованная классификация видов энергии. Их около 20.

Наиболее часто используются как в повседневной жизни, так и в научных исследованиях: ядерная энергия, химическая энергия, электростатическая энергия, магнитостатическая энергия, упругостная энергия, тепловая энергия, механическая энергия, электрическая энергия, электромагнитная энергия.

Из всех известных видов энергии, а также и перечисленных выше, в практике непосредственно используются всего четыре вида: тепловая (около 70-75 %), механическая (около 20-22 %), электрическая (около 3-5 %) и электромагнитная — световая (менее 1 %).

Запасы энергоресурсов на Земле огромны. Но использование их не всегда возможно или связано с большими затратами на разработку, транспортировку этих ресурсов, на охрану труда и окружающей среды.

В настоящее время мировое потребление не возобновляемых энергоресурсов в год составляет, по разным данным, 12-15 млрд. тун. Из них более 50 % составляют нефть и газ.

Из возобновляемых источников энергии наибольшее развитие получила гидроэнергетика, до 9% от общей выработки электроэнергии. Пока возможный технически гидроэнергетический потенциал используется в мировой практике примерно на 10 % из общего мирового потенциала в 7 млрд. т.у.т./год. Но строительство ГЭС — затратное дело, особенно ГЭС большой мощности. Окупаемость затрат в этом случае — несколько десятков лет. При этом 80 % всего гидроэнергетического потенциала сосредоточено в Латинской Америке, Африке, Азии, бывшем СССР. Все эти страны с весьма ограниченным или неопределенным инвестиционным потенциалом.

Общий вклад в современное энергопроизводство таких источников энергии, как солнечная, ветровая, приливная, очень мал и не превышает 0,1 %. Оценки, выполненные в Японии, свидетельствуют, что максимальный вклад этих источников при современных методах использования предельно может достичь 3 % от современного уровня энергообеспечения (для Японии). Следует учесть, что не каждая страна может себе позволить необходимые ин-

вестиции в освоение этих видов энергоресурсов. Достаточно перспективно использование энергии биомассы. Это в первую очередь дрова. По разным оценкам, в год на Земле в энергетических целях сжигается дров до 1,5 млрд. т.у.т. А общий энергетический потенциал биомассы оценивается в 5,5 млрд. т.у.т./год. В ряде стран (Китай, США, Индия) для освоения энергии биомассы широко используются биогазовые установки для получения искусственного горючего газа. Подобные установки имеются и в нашей стране, которые также производят высокоэффективные удобрения. Считается, что в российском животноводстве и птицеводстве в год образуется около 150 млн. т. органических отходов. При их переработке в биогазовых установках можно ежегодно получать дополнительно 95 млн. т.у.т., что эквивалентно 190 млрд. кВт-ч электроэнергии. Этой энергии достаточно, чтобы обеспечить электроэнергией весь агрокомплекс России. Плюс к тому — полученные в биореакторах более 100 млн. т высокоэффективных удобрений (без следов нитритов и нитратов, болезнетворной микрофлоры и даже семян сорняков).

Проблема снижения энергетических затрат, энергосбережения становится все более актуальной в мировом аспекте. Особенно актуальна эта проблема для российской экономики, поскольку в России энергоемкость промышленного производства и социальных услуг оказывается во много раз выше общемировых показателей.

Главным показателем эффективности использования энергии в стране является энергоемкость ВВП — соотношение потребления энергии и объема произведенных товаров и услуг.

#### *Основы государственной энергетической политики*

Проведение долгосрочной государственной энергетической политики для защиты прав и законных интересов граждан и хозяйствующих субъектов осуществляется на следующих принципах:

- последовательность действий государства по реализации важнейших стратегических ориентиров развития энергетики;
- заинтересованность в создании энергетических компаний;
- обоснованность и предсказуемость государственного регулирования, направленного на стимулирование частной предпринимательской инициативы. Стратегическими ориентирами долгосрочной государственной энергетической политики являются энергетическая и экологическая безопасность, а также энергетическая и бюджетная эффективность.

## **Тема 2. Методы и критерии оценки эффективности использования энергии. Нормирование потребления энергоресурсов.**

В настоящее время полезное применение энергии, в первую очередь, связывают с энергосбережением. Есть официальное определение понятия энергосбережение - комплекс мер по реализации правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное(рациональное) использование (и экономное расходование) топливо - энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

Для того чтобы охарактеризовать процесс производства, передачи или потребления энергии, оценить потенциал энергосбережения на различных объектах (установка, цех, предприятие, жилой район, регион, государство), обосновать правильность выбора энергосберегающих мероприятий применяются критерии энергетической эффективности.

Показатель энергоэффективности – абсолютная или удельная величина потребления или потери энергетических ресурсов любого назначения, установленная государственными стандартами.

На практике используются большое количество различных критериев, которые применяются в различных случаях.

В качестве термодинамических критериев эффективности использования энергии применяются понятия:

- термический КПД циклов тепловых двигателей (циклы паротурбинных, газотурбинных, парогазовых установок, двигателей внутреннего сгорания) и холодильных машин.
- Натуральные критерии оценки эффективности использования энергии на промышленных предприятиях.
- Удельный и совокупный удельный приведенный расход условного топлива.
- Индикаторы (частные критерии) эффективности использования энергии на объектах жилищно-коммунального хозяйства.
- Экономические критерии оценки эффективности использования энергии.

Эксергетический КПД — отношение фактически совершённой работы к её максимально возможному значению, т. е. к эксергии рассматриваемого процесса. Если обычный энергетический КПД показывает степень полезного использования энергии и позволяет сравнивать по этому показателю тепловые машины, то эксергетический КПД характеризует эффективность использования энергии (термодинамическое совершенство процесса) и отвечает на вопросы о теоретической возможности и практической целесообразности повышения эффективности тепловой машины: сравнительно небольшому значению энергетического КПД может соответствовать близкое к 100 % значение эксергетического КПД, когда дальнейшее повышение энергетического КПД невозможно из-за ограничений, накладываемых законами термодинамики. Значимое отклонение эксергетического КПД от единицы показывает наличие принципиально устранимых потерь эксергии, уменьшение которых возможно при более рациональном проведении процессов и использовании более совершенного оборудования. Эксергетический КПД применим для анализа совершенства любых термодинамических процессов и любых теплотехнических устройств.

Показатели экономичности энергопотребления могут быть выражены в абсолютной или удельной форме. Абсолютная форма характеризует расход ТЭР в регламентированных условиях (режимах) работы. Удельная форма характеризует отношение расхода ТЭР к вырабатываемой или потребляемой энергии, произведенной продукции, произведенной работе в регламентированных условиях (режимах) работы.

Нормативная база энергосбережения включает в себя нормативно-правовую (НП) и нормативно-техническую (НТ) документации.

К НП относятся: законы, указы президента, постановления правительства РФ в области энергосбережения.

К НТ документации в области энергосбережения относят:

1) Нормативные документы по энергосбережению на межгосударственном, государственном, отраслевом уровнях, а также на уровнях стандартов научно-технических обществ и предприятий

2) Технические регламенты, правила, руководства и другие нормативные документы по энергосбережению (инструкции) принятые органами исполнительной государственной власти. Пример СНиП 2.04.05-91 - отопление, вентиляция и кондиционирование.

3) Методические документы по расчётам экономии энергоносителей и обоснованием экономической эффективности энергосберегающих проектов.

4) Методические документы, в которых изложены методы, способы, схемы, алгоритмы, модели энергосбережения путём повышения эффективности использования и снижения потерь, первичных топливно-энергетических ресурсов, использования вторичных энергетических ресурсов и т.д.

5) методические документы, регламентирующие требования точности методических измерений, обеспечения единства измерения, методологического контроля и надзора при учёте топливно-энергетических ресурсов на всех стадиях, начиная от добычи и заканчивая хранением и потреблением ТЭР.

Нормирование расхода топлива, тепловой и электрической энергии - это установление плановой нормы их потребления. Все промышленные и приравненные к ним предприятия обязаны иметь разработанные и утвержденные в установленном порядке нормы удельного расхода топлива, тепловой и электрической энергии. Нормированию подлежат все расходы

энергоносителей (топливо, тепловая и электрическая энергия) по предприятию, как на основные, так и на подсобные нужды производства, включая производство холода, сжатого воздуха, кислорода, освещение, водоснабжение, отопление, вентиляцию и потери во внутри-заводских сетях и преобразователях энергии.

Под нормированием расхода энергоносителей понимается установление плановой величины расхода топлива, тепловой и электрической энергии на производство единицы продукции, переработку сырья или выполняемый объем работ.

Основным методом разработки норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии является расчетно-аналитический метод. Кроме того, применяются опытный и расчетно-статистический методы.

Для определения групповых норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии применяется в основном расчетно-аналитический и расчетно-статистический методы, а для определения индивидуальных норм - расчетно-аналитический и опытный методы.

Расчетно-аналитический метод предусматривает определение норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии расчетным путем по статьям расхода на основе прогрессивных показателей использования этих ресурсов в производстве.

Опытный метод разработки норм заключается в определении удельных затрат топлива, тепловой и электрической энергии по данным, полученным в результате испытаний (эксперимента). Он применяется для составления индивидуальных норм, причем оборудование должно быть в технически исправном состоянии, отлаженным, а технологический процесс должен осуществляться в режимах, предусмотренных технологическими регламентами или инструкциями.

### **Тема 3. Энергетические балансы потребителей топливно-энергетических ресурсов.**

Энергетический баланс представляет собой частное выражение закона сохранения энергии и представляет собой равенство между суммарной подведенной энергией и суммарными полезной энергией и потерями энергии.

Полезная энергия - это количество энергии, теоретически необходимое для проведения энергетических процессов или получаемое на стадиях переработки, преобразования, транспорта или хранения энергетических ресурсов.

Потери энергии - это разность подведенной и полезной энергии.

Энергетические балансы составляются для потребителей ТЭР с целью определения потребности в энергетических ресурсах проектируемых объектов, анализа и оценки эффективности использования энергетических ресурсов в стране, в отдельном регионе, в отрасли народного хозяйства, предприятием, технологической установкой и другими объектами, потребляющими ТЭР

Энергетические балансы могут составляться по суммарному потреблению всех видов энергоносителей (топливо, электрическая энергия, тепловая энергия и т.д.). Такие балансы называются сводными.

Сводные энергетические балансы отражают равенство приходной и расходной части всех видов энергетических ресурсов. Балансы составляются по территориальному или производственно-отраслевому признаку.

Частные энергетические балансы составляются по одному из видов энергоносителей.

Объектами энергетического обследования являются:

- производственное оборудование, машины, установки, агрегаты, потребляющие ТЭР, преобразующие энергию из одного вида в другой для производства продукции, выполнения работ (услуг);

- технологические процессы, связанные с преобразованием и потреблением топлива, энергии и энергоносителей;

- процессы, связанные с расходом ТЭР на вспомогательные нужды (освещение, отопление, вентиляцию).

#### **Тема 4. Методы энергосбережения при производстве тепловой энергии.**

Преобразование первичной энергии во вторичную, в частности в электрическую, осуществляется на станциях, которые в своем названии содержат указание на то, какой вид первичной энергии, в какой вид вторичной преобразуется на них: ТЭС – тепловая электрическая станция преобразует тепловую энергию в электрическую; ГЭС – гидроэлектростанция преобразует механическую энергию движения воды в электрическую; ГАЭС – гидроаккумулирующая станция преобразует механическую энергию движения предварительно накопленной в искусственном водоеме воды в электрическую; АЭС – атомная электростанция преобразует атомную энергию ядерного топлива в электрическую; ПЭС – приливная электростанция преобразует энергию приливов в электрическую, и т. д.

По назначению тепловые электростанции (ТЭС) делятся на два типа:

КЭС — конденсационные тепловые электростанции, предназначенные для выработки только электрической энергии;

ТЭЦ – теплоэлектроцентрали, на которых осуществляется совместное производство электрической и тепловой энергии.

Процесс производства электроэнергии на ТЭС условно можно разделить на три цикла:

1. химический – горение, в результате которого внутренняя химическая энергия топлива превращается в тепловую и передается пару;

2. механический – тепловая энергия пара превращается в энергию вращения турбины и ротора турбогенератора;

3. электрический – механическая энергия превращается в электрическую.

Общий коэффициент полезного действия ТЭС равен произведению коэффициентов полезного действия всех названных циклов:

$$\text{КПД}_{\text{ТЭС}} = \text{КПД}_{\text{хим}} \cdot \text{КПД}_{\text{мех}} \cdot \text{КПД}_{\text{эл}}$$

Производство электрической и тепловой энергии на электростанциях и их потребление различными пользователями - процессы взаимосвязанные. В силу физических закономерностей мощность потребления энергии в какой-либо момент времени должна быть равна генерируемой мощности. В этом заключается особенность энергетического производства. К сожалению, отсутствуют возможности складирования электрической и тепловой энергии. Практическое применение известных способов аккумуляции (накопления) различных видов энергии весьма затруднительно, в то же время работа отдельных приемников электрической и тепловой энергии неравномерна и суммарное потребление энергии также неравномерно.

Потребителю требуется электроэнергии днем больше, чем ночью в рабочий день недели больше, чем в субботу и воскресенье, зимой больше, чем летом. Режим потребления электрической или тепловой энергии потребителем: предприятием, районом, городом, страной - и течение определенного отрезка времени: суток, месяца, года - отражается с помощью графика нагрузки. Соответственно, различая: суточный, месячный, годовой графики нагрузки. Итак, график нагрузки – это зависимость потребляемой мощности от времени суток, месяца, года. Графики нагрузки существенно отличаются для воскресных и рабочих дней, для зимних и летних месяцев и т.п. Графики нагрузки отдельных потребителей и в целом энергосистемы имеют неравномерный характер. Обеспечить график нагрузки означает организовать бесперебойную подачу электроэнергии в часы максимального потребления при дефиците мощности в энергосистеме, а в часы минимума потребления энергии не допускать разгрузки той части генерирующего оборудования.

#### **Тема 5. Энергосбережение в системах транспорта и распределения тепловой энергии.**

Транспортировка преобразованной энергии в виде энергоносителей проводится в большинстве случаев по трубопроводам, что сопряжено, как указывалось выше, с ее потерями на преодоление гидравлического сопротивления. Дополнительная составляющая потеря

энергии в виде теплоты присутствует при транспортировке горячих энергоносителей – воды и пара, воздуха и др. Передача теплоты от источника потребителям осуществляется с помощью систем теплоснабжения, которые включают источник, тепловую сеть и потребителей.

Тепловая сеть включает систему трубопроводов (теплопроводов), по которым теплоноситель (горячая вода или пар) переносит теплоту от источника к потребителям и возвращается обратно к источнику. Потребителями теплоты являются промышленные и коммунально-бытовые предприятия, жилые, общественные и административные здания. Отпускаемая теплота расходуется на технологические нужды, отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию.

Транспортировка теплоты осуществляется с помощью теплопроводов. Современные теплопроводы изготавливаются в заводских условиях и конструктивно включают: стальную трубу для транспортировки энергоносителя; тепловую изоляцию; защитный кожух из пластмассы.

При транспортировке теплоты имеются потери в окружающую среду, величина которых зависит как от разности температур теплоносителя и окружающей среды, так и от качества тепловой изоляции теплопроводов. Основной характеристикой теплоизоляционных материалов является коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности зависит от применяемого материала и его влажности; с ростом влажности материала коэффициент теплопроводности увеличивается.

## **Тема 6. Вторичные энергетические ресурсы. Энергосбережение в теплотехнологиях.**

В энергетических балансах предприятий особенно энергоемких отраслей значительное место занимают вторичные энергетические ресурсы (ВЭР).

Экономия топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) может быть реализована в двух направлениях. Во-первых, за счет усовершенствования технологических процессов и аппаратов (новых энергосберегающих технологий), благодаря чему достигается повышение КПД и снижается расход топлива и энергии. Во-вторых, посредством утилизации ВЭР, которые неизбежно возникают в больших объемах особенно в энергоемких производствах, и за счет которых можно получить 30 – 35% сбережения ТЭР.

Под вторичными энергоресурсами понимают энергетический потенциал отходов продукции, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в теплотехнологических агрегатах (установках), который может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других агрегатов или в самом аппарате.

Энергетические отходы, которые возвращаются обратно на вход в технологический агрегат, называются ВЭР внутреннего использования, а ВЭР, утилизируемые в других установках – внешнего использования. Сам технологический агрегат, который является источником энергетических отходов, называется источником ВЭР.

Все ВЭР подразделяют на три основные группы: горючие (топливные) ВЭР; тепловые ВЭР; ВЭР избыточного давления

Все виды ВЭР в зависимости от их свойств могут использоваться потребителем как в виде топлива или для выработки теплоты, холода, электроэнергии и механической работы посредством специализированных утилизационных установок.

Общие энергетические отходы – это энергетический потенциал всех материальных потоков на выходе из теплотехнологического агрегата (аппарата) и все потери энергии в агрегате.

Полный выход ВЭР – масса вторичных энергоресурсов, которые образуются в данной установке за определенный период времени.

Возможный выход ВЭР – возможное (максимальное) количество энергии, которое экономически целесообразно можно использовать в утилизационных установках.

Коэффициент использования (выработки) энергии за счет ВЭР – отношение фактического использования энергии, полученной за счет ВЭР, к планируемой выработке.

Резерв утилизации ВЭР – количество энергии, которое может быть дополнительно вовлечено в производство.

Возможная экономия топлива за счет ВЭР – количество энергии, которое было бы получено при полном использовании всего выхода ВЭР.

Коэффициент утилизации ВЭР – отношение фактической экономии топлива за счет ВЭР к возможной. Определяется как для одного агрегата-источника ВЭР, так и группы агрегатов, так и суммарно для всех видов ВЭР.

Вопросы энергосбережения чрезвычайно актуальны для нагревательных, термических печей металлургических и машиностроительных предприятий и предприятий других отраслей, где наряду с современными механизированными печами существует большое количество физически и морально устаревших печей, не подвергавшихся реконструкции, и работающих с очень высокими энергозатратами.

Тип печи оказывает решающее влияние на энергопотребление печи. Например, печи с роликовым подом являются наиболее универсальными по технологии и обрабатываемым изделиям, хорошо встраиваются в непрерывные линии производства, однако необходимость охлаждения роликов в высокотемпературных печах приводит к повышенному энергопотреблению. Поэтому для высокотемпературного нагрева печи с роликовым подом применяются в исключительных случаях.

### **Тема 7. Рациональное использование энергии в зданиях и сооружениях.**

Жизнь современного города невозможна без надежно работающей энергетической инфраструктуры, включающей источники ТЭР, устройства их преобразования, сети их транспорта, распределения и сами энергопотребляющие системы: освещение, отопление, вентиляция, водоснабжение и т. д. Облик, планировка, конструкции зданий городов, развитие городских инфраструктур и организация жизни в значительной степени зависят от способов и средств их энергообеспечения. В свою очередь, на структуру систем снабжения энергетическими ресурсами и их потребления в бытовом, промышленном, торговом, транспортном и других секторах городского хозяйства, на режимы энергопотребления влияют климатические условия и географическое расположение городов, населенных пунктов, их историческое прошлое, национальные особенности и традиции, структура городского хозяйства, демографический фактор и т. д. Быстрый рост городского населения, требований к качеству жизни в условиях дефицита природных ресурсов (земли и воды) и традиционных видов органического топлива (угля, нефти, газа), ужесточение требований по охране окружающей среды выдвигают на первый план проблему эффективности использования энергии в различных сферах городов и населенных пунктов. Ее решение возможно лишь при комплексном подходе к проектированию, строительству, реконструкции и организации жизни городов и городского хозяйства на основе единой концепции рационального расходования всех видов энергоресурсов. Суть концепции заключается в следующих положениях: – энергосбережение рассматривается как один из основных критериев при принятии решений на всех этапах градостроительства и организации городской жизни, начиная с планировки, проектирования и кончая эксплуатацией жилищного фонда, городских инфраструктур и регулирования ритма городской жизни; – энергосбережение осуществляется одновременно и согласованно путем оптимизации использования энергии во всех звеньях цепи энергообеспечения города – от источников энергии до ее потребителей по всем видам энергоресурсов и энергоносителей; – максимальное использование природных возобновляемых, местных и вторичных энергоресурсов; – стимулирование структурного энергосбережения в промышленном и транспортном секторах городского хозяйства, внедрение в них менее энергоемких технологий и энергосберегающего оборудования; – установление приоритетных направлений энергосбережения на ближайший и долгосрочный периоды и мобилизация материальных, финансовых, трудовых средств и ресурсов на реализацию этих направлений. На основе концепции разработаны городские программы по энергосбережению, выполнение которых предусматривает широкий спектр действий систематической работы го-

родских мэрий и служб, коллективов отдельных предприятий и организаций, а также повседневных усилий каждого горожанина

В жилом фонде потенциал энергосбережения составляет 30-76%, т.е. нынешнее годовое потребление энергии может быть сокращено наполовину. В нежилом фонде (административные, общественные, культурного назначения здания, школы, больницы и т.д.) может быть сэкономлено около половины годового объема потребления энергии. Разработаны и применяются технологии терморевитализации зданий и путем наружного утепления их фасадов. Первый опыт санации жилого и фонда показал, что возводящиеся и санируемые здания необходимо оборудовать системами принудительной управляемой вентиляции. При применяемой до сегодняшнего дня естественной вентиляции в результате утепления ограждающих наружных конструкций происходит перераспределение теплопотерь: резко возрастают потери тепла на нагрев поступающего в помещение воздуха и, кроме того, относительная влажность воздуха оказывается выше нормативной. Таким образом, сокращение теплопотерь на 20-30% и нормальный воздухообмен в помещениях можно получить только в результате совместного применения в здании теплоизоляции ограждающих конструкций и современных систем принудительной вентиляции.

### **Тема 8. Энергосбережение при электроснабжении потребителей. Учет энергетических ресурсов.**

Передача электроэнергии от предприятий, вырабатывающих электроэнергию, непосредственным потребителям осуществляется с помощью электрических сетей, представляющих собой совокупность подстанций (повысительных и понизительных), распределительных устройств и соединяющих их электрических линий (воздушных или кабельных), размещенных на территории района, населенного пункта, потребителя электрической энергии.

К основному оборудованию, производящему и распределяющему электроэнергию, относятся:

- синхронные генераторы, вырабатывающие электроэнергию (на ТЭС – турбогенераторы);
- сборные шины, принимающие электроэнергию от генераторов и распределяющие ее потребителям;
- коммутационные аппараты-выключатели, включающие и отключающие цепи в нормальных и аварийных условиях, и разъединители, снимающие напряжения с обесточенных частей электроустановок и создающие видимый разрыв цепи;
- электроприемники собственных нужд (насосы, вентиляторы, аварийное электрическое освещение и т. д.). Вспомогательное оборудование предназначено для выполнения функции измерения, сигнализации, защиты и автоматики и т. д.

Энергетическая система (энергосистема) состоит из электрических станций, электрических сетей и потребителей электроэнергии, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, распределения и потребления электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом.

Электроэнергетическая (электрическая) система – это совокупность электрических частей электростанции, электрических сетей и потребителей электроэнергии, связанных общностью режима и непрерывностью процесса производства, распределения и потребления электроэнергии. Электрическая система – часть энергосистемы, за исключением тепловых сетей и тепловых потребителей. Электрическая сеть – совокупность электроустановок для распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, воздушных и кабельных линий электропередачи. По электрической сети осуществляется распределение электроэнергии от электростанций к потребителям. Линия электропередачи (воздушная или кабельная) – электрическая линия, выходящая за пределы электростанции или подстанции и предназначенная для передачи электрической энергии на расстояние.

В технической термодинамике теплота является одним из важнейших понятий. Исторически понятие теплота (тепло) и связанные с ним другие термины (теплоемкость, теплосодержание и др.) возникли и сложились с ошибочным представлением о том, что каждому телу присуще наличие определенного количества невидимой и невесомой жидкости — теплода. По своему смыслу понятие теплоты близко к понятию работы. Как теплота, так и работа являются формами передачи энергии и могут быть определены лишь в процессе передачи или преобразования энергии. Теплота связана с процессом передачи энергии посредством теплообмена (теплопроводности, конвекции, излучения)

Тепловая энергия (теплота) может передаваться с помощью теплоносителя. Традиционными теплоносителями в системах отопления, горячего теплоснабжения и вентиляции являются вода, пар и воздух.

## **Тема 9. Основы энергоаудита.**

Энергоаудит и его отдельные фазы являются составной частью процесса энергосбережения. И хотя в настоящее время в обиходе используются два родственных понятия — энергоаудит и энергетические обследования, отличающиеся по существу побудительными мотивами (первое проводится по инициативе потребителя топливноэнергетических ресурсов, второе проводится согласно территориальным или федеральным планам госучреждений), цель в обоих случаях остается одной — оценка эффективности использования энергетических ресурсов и разработка рекомендаций по снижению затрат на топливо- и энергообеспечение. Поэтому энергетический аудит потребителей ТЭР можно рассматривать как техническое инспектирование энергогенерирования и энергоиспользования на обследуемом объекте с целью определения возможной экономии энергии и выработки предложений для ее достижения.

Энергетическое обследование может проводиться в отношении продукции, технологического процесса, а также юридического лица, индивидуального предпринимателя.

Основные цели энергообследования:

- получение объективных данных об объеме используемых ЭР;
- определение показателей энергетической эффективности;
- определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- разработка перечня типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки.

По соглашению с заказчиком по результатам энергообследования может предусматриваться разработка отчета, содержащего перечень мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, отличных от типовых.

Проведение энергообследования вправе осуществлять только лица, являющиеся членами саморегулируемых организаций в области энергетического обследования.

Саморегулируемыми организациями признаются некоммерческие организации, созданные в целях, предусмотренных ФЗ № 315 от 01.12.2007г. и другими ФЗ, основанные на членстве и объединяющие субъектов предпринимательской деятельности, исходя из единства отрасли производства товаров (работ, услуг) или рынка произведенных товаров (работ, услуг) либо объединяющие субъектов профессиональной деятельности определенного вида.

По результатам энергообследования проводившее его лицо составляет энергетический паспорт и передает его лицу, заказавшему проведение энергообследования, энергопаспорт, составленный по результатам энергообследования многоквартирного дома, подлежит передаче собственникам помещений в этом доме или лицу, ответственному за содержание многоквартирного дома.

Каждая саморегулируемая организация в области энергообследования один раз в 3 месяца обязана направлять заверенные ею копии энергопаспорта, составленные членами саморегулируемой организацией по результатам проведенных энергообследований за указанный период обязательных, в уполномоченный федеральный орган исполнительной власти

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Цель практических занятий заключается в следующем: закрепить у студентов положения теории и углубить знания предмета; выявить практическое значение теоретических положений; содействовать развитию навыков самостоятельной работы.

План практического занятия:

План проведения практического занятия:

1. Вводная часть включает формулировку темы и цели занятия; повторение теоретических сведений по теме;

2. Основная часть предполагает самостоятельное выполнение заданий студентами. Сопровождается дополнительными разъяснениями по ходу работы (при необходимости), текущим контролем и оценкой результатов работы;

3. Заключительная часть содержит: подведение общих итогов занятия; оценку результатов работы студентов; ответы на вопросы студентов; выдачу рекомендаций по устранению пробелов в системе знаний и умений студентов, по улучшению результатов работы; задание на дом для закрепления пройденного материала и по подготовке к следующему практическому занятию.

### **Практическое занятие №1. Расчет нормирования затрат топливно-энергетических ресурсов на предприятиях и в хозяйствах.**

Занятие проводится в форме собеседования, с целью закрепления теоретического материала и более глубокой проработки с практической составляющей.

План практического занятия №1:

1. Общие сведения о нормировании затрат ТЭР

1.1. Классификация норм

1.2. Состав и структура норм

2. Методические основы нормирования затрат топливно-энергетических ресурсов на предприятиях и в хозяйствах

2.1. Общие требования к нормированию затрат ТЭР

2.2. Основные этапы разработки норм удельных затрат ТЭР

2.3. Методы разработки норм удельных затрат ТЭР

3. Пример расчета нормативных затрат тепловой энергии на производство 1 т товарной продукции маслodelьном заводе

3.1. Сбор исходных данных

3.2. Методика расчета норм расхода тепловой энергии

3.3. Расчет общецеховых затрат тепла

3.4. Расчет общезаводских затрат тепла

4. Решение индивидуального задания.

Пример задания: Рассчитать нормативные затраты тепловой энергии на производство 1 тонны товарной продукции на маслodelьном заводе.

Таблица 1 - Варианты задания практического занятия №1:

| Наименование продукции / Объем выпуска, т |              |       |        |                          |                 |
|---|--------------|-------|--------|--------------------------|-----------------|
| № варианта                                | Прием молока | Масло | Казеин | Цельномолочная продукция | Отгрузка молока |
| 1   | 6780         | 135   | 50     | 650                      | 3580            |
| 2   | 6782         | 137   | 52     | 652                      | 3582            |
| 3   | 6784         | 139   | 54     | 654                      | 3584            |
| 4   | 6786         | 141   | 56     | 656                      | 3586            |
| 5   | 6788         | 143   | 58     | 658                      | 3588            |
| 6   | 6790         | 145   | 60     | 660                      | 3590            |
| 7   | 6792         | 147   | 62     | 662                      | 3592            |

|    |      |     |     |     |      |
|----|------|-----|-----|-----|------|
| 8  | 6794 | 149 | 64  | 664 | 3594 |
| 9  | 6796 | 151 | 66  | 666 | 3596 |
| 10 | 6798 | 153 | 68  | 668 | 3598 |
| 11 | 6800 | 155 | 70  | 670 | 3600 |
| 12 | 6802 | 157 | 72  | 672 | 3602 |
| 13 | 6804 | 159 | 74  | 674 | 3604 |
| 14 | 6806 | 161 | 76  | 676 | 3606 |
| 15 | 6808 | 163 | 78  | 678 | 3608 |
| 16 | 6810 | 165 | 80  | 680 | 3610 |
| 17 | 6812 | 167 | 82  | 682 | 3612 |
| 18 | 6814 | 169 | 84  | 684 | 3614 |
| 19 | 6816 | 171 | 86  | 686 | 3616 |
| 20 | 6818 | 173 | 88  | 688 | 3618 |
| 21 | 6820 | 175 | 90  | 690 | 3620 |
| 22 | 6822 | 177 | 92  | 692 | 3622 |
| 23 | 6824 | 179 | 94  | 694 | 3624 |
| 24 | 6826 | 181 | 96  | 696 | 3626 |
| 25 | 6828 | 183 | 98  | 698 | 3628 |
| 26 | 6830 | 185 | 100 | 700 | 3630 |
| 27 | 6832 | 187 | 102 | 702 | 3632 |
| 28 | 6834 | 189 | 104 | 704 | 3634 |
| 29 | 6836 | 191 | 106 | 706 | 3636 |
| 30 | 6838 | 193 | 108 | 708 | 3638 |

**Практическое занятие №2. Типовые энергосберегающие мероприятия при производстве тепловой энергии, оценка их эффективности.**

На практическом занятии необходимо решить разноуровневые задачи по пройденному лекционному материалу. Примерный перечень задач по теме приведен ниже. Литература, содержащая примеры решения, а так же дополнительный теоретический материал представлены в рабочей программе дисциплины «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии».

Мероприятия по энергосбережению в промышленных котельных разнообразны. Среди них повышение КПД котлоагрегатов за счет снижения температуры уходящих газов, использование тепла продувочной воды, рациональное снижение давления пара от давления в барабане котла до давления, требуемого в технологических аппаратах, рациональное распределение нагрузки между несколькими котлоагрегатами, работающими одновременно и др.

При рассмотрении мероприятий по экономии тепловой энергии и топлива наиболее приоритетными являются такие, применение которых позволяет не только обеспечить значительную экономию, но и позволяют повышать производительность и надежность теплотехнических установок.

Примерный перечень задач по теме:

Задача 1. Определите годовые суммарные потери условного топлива без использования тепловой энергии продувочной воды в котельной. Паропроизводительность котельной  $D_k = 48$  т/ч, давление насыщенного пара  $P_n = 1,3$  МПа, температура исходной воды, поступающей в котельную  $t_{ив} = 10^\circ\text{C}$ , годовое число часов использования паропроизводительности котельной  $\tau = 6500$  ч,  $\eta_{ка}^{бр} = 0,73$ . Сухой остаток химически очищенной воды  $S_x = 515$  мг/кг, суммарные потери пара и конденсата в долях паропроизводительности котельной  $P_k = 0,41$ . В качестве сепарационного устройства используются внутрибарабанные циклоны.

Задача 2. Оцените среднегодовую экономию топлива в действующей промышленной котельной, теплопроизводительность которой  $Q=240$  ГДж/ч, за счет снижения температуры уходящих газов  $t_{yx}$  с  $190^\circ\text{C}$  до  $140^\circ\text{C}$ . Топливо – мазут ( $Q_{рн}=39,8$  МДж/кг), сжигание топлива

производится при  $q_3 = 0$ , температура воздуха, подаваемого в котельный агрегат  $t_{в20} = 20^\circ\text{C}$ , максимальная температура дымовых газов  $t_{\text{max}} = 2060^\circ\text{C}$ .  $c' = 0,83$ ,  $k = 0,78$ ,  $n = 0,9$ . Состав продуктов сгорания мазута:  $\text{CO}_2 = 10\%$ ,  $\text{CO} = 0,8\%$ ,  $\text{CH}_4 = 0,05\%$ ,  $\text{H}_2 = 0,06\%$ . Годовое число часов использования паропроизводительности котельной  $\tau = 4200$  ч.

Задача 3. В тепловой схеме ТЭЦ для использования тепловой энергии непрерывной продувки установлен сепаратор и теплообменник. Оцените годовую экономию условного топлива от использования тепловой энергии продувочной воды. Паропроизводительность  $D_k = 50$  т/ч, давление насыщенного пара  $P_{\text{п}} = 4$  МПа, температура исходной воды, поступающей в котельную  $t_{\text{ив}} = 15^\circ\text{C}$ , годовое число часов использования работы ТЭЦ  $\tau = 5000$  ч, сухой остаток химически очищенной воды  $S_x = 400$  мг/кг, суммарные потери пара и конденсата в долях паропроизводительности котельной  $P_k = 0,32$ . Котел имеет двухступенчатую схему испарения с выносным циклоном,  $\eta_{\text{ка}}^{\text{бр}} = 0,81$ . Энтальпия сепарированного пара  $h_{\text{св}} = 2700$  кДж/кг, температура сепарированной воды  $t_{\text{сп}} = 60^\circ\text{C}$ .

Задача 4. Определить экономию тепловой энергии при выполнении возврата конденсата с отопления механосборочного корпуса, использующего 1700 кг/час насыщенного пара давлением  $P_1 = 1,5$  ата. Продолжительность отопительного периода 470 часов.

Задача 5. Определить экономию тепловой энергии при использовании тепла продувочной воды для следующих условий: Установлено три котла ДКВР–6,5–13 общей паропроизводительностью  $D_k = 27$  т/час, пар насыщенный, сухой остаток химически очищенной воды  $S_x = 525$  мг/кг, суммарные потери пара и конденсата в долях паропроизводительности котельной  $P_k = 0,36$ , расчетный сухой остаток котловой воды, принимаемой  $S_{\text{к.в}} = 3000$  мг/кг.

Задача 6. Из дымовой трубы промышленной котельной выбрасываются дымовые газы с температурой  $200^\circ\text{C}$ . Предложите для повышения энергетической эффективности котельной энергосберегающую схему. Покажите возможности оценки потенциала энергосбережения.

Задача 7. Предложите энергосберегающую схему для повышения энергетической эффективности промышленной котельной, имеющей закрытую систему сбора конденсата. Покажите возможности оценки потенциала энергосбережения.

Задача 8. Предложите энергосберегающую схему применения паровых эжекторов для утилизации теплоты конденсата на промышленных предприятиях. Покажите возможности оценки потенциала энергосбережения.

Задача 9. Вычислите КПД котельного агрегата брутто при следующих исходных данных: теплопроизводительность котельной 200 ГДж/ч, годовое число часов работы котельной 3500 ч, топливо-природный газ ( $Q_{\text{нр}} = 35,7$  МДж/кг), годовой расход топлива 3000 т.

### **Практическое занятие №3. Типовые энергосберегающие мероприятия при рас­пределении тепловой энергии, оценка их эффективности.**

Занятие проводится в форме собеседования, с целью закрепления теоретического материала и более глубокой проработки с практической составляющей.

На практическом занятии необходимо решить разноуровневые задачи по пройденному лекционному материалу. Примерный перечень задач по теме приведен ниже. Литература, содержащая примеры решения, а так же дополнительный теоретический материал представлены в рабочей программе дисциплины «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии».

#### **1. Виды теплоизоляционных материалов**

Теплоизоляционными называют материалы, применяемые в строительстве жилых и промышленных зданий, тепловых агрегатов и трубопроводов с целью уменьшить тепловые потери в окружающую среду. Теплоизоляционные материалы характеризуются пористым строением и, как следствие этого, малой плотностью (не более 600 кг/м<sup>3</sup>) и низкой теплопроводностью (не более 0,18 Вт/(м\*°C)).

Использование теплоизоляционных материалов позволяет уменьшить толщину и массу стен и других ограждающих конструкций, снизить расход основных конструктивных

материалов, уменьшить транспортные расходы и соответственно снизить стоимость строительства. Наряду с этим при сокращении потерь тепла отапливаемыми зданиями уменьшается расход топлива. Многие теплоизоляционные материалы вследствие высокой пористости обладают способностью поглощать звуки, что позволяет употреблять их также в качестве акустических материалов для борьбы с шумом. Теплоизоляционные материалы классифицируют по виду основного сырья, форме и внешнему виду, структуре, плотности, жесткости и теплопроводности.

По форме и внешнему виду различают теплоизоляционные материалы штучные жесткие (плиты, скорлупы, сегменты, кирпичи, цилиндры) и гибкие (маты, шнуры, жгуты), рыхлые и сыпучие (вата, перлитовый песок, вермикулит).

По структуре теплоизоляционные материалы классифицируют на волокнистые (минераловатные, стекло - волокнистые), зернистые (перлитовые, вермикулитовые), ячеистые (изделия из ячеистых бетонов, пеностекло).

По плотности теплоизоляционные материалы делят на марки: 15, 25, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600.

## 2. Расчет оптимальной толщины теплоизоляционного материала

Записать себе виды и характеристики теплоизоляционных материалов. Произвести расчет оптимальной толщины теплоизолятора для бетонной стены здания по каждому теплоизоляционному материалу, сравнить их, произвести расчет экономии тепловой энергии от применения теплоизолятора. Параметры здания: длина 20 м, высота 7 м. Расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха соответственно:  $23^{\circ}\text{C}$  и  $-32^{\circ}\text{C}$ .

Примерный перечень задач по теме:

Задача 1. Давление пара в тепловой сети  $P = 1,7$  ата. Необходимо оценить часовой расход насыщенного водяного пара через неплотности в паропроводе, если суммарная площадь отверстий  $f = 15 \text{ мм}^2$ .

Задача 2. Определите величину утечек перегретого пара за год для полного сечения производственного трубопровода  $D_u 76 \times 4$  при давлении  $4 \text{ кгс/см}^2$

Задача 3. Определить экономию тепловой энергии на изолированном паропроводе  $D_u 108 \times 4$  длиной 10 м. Температура теплоносителя  $150^{\circ}\text{C}$ . Паропровод проложен на открытом воздухе при наружной температуре  $+25^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра  $w = 2 \text{ м/с}$ .

Задача 4. Определите тепловые потери с  $10 \text{ м}^2$  неизолированной плоской стенки длиной 20 м и с  $10 \text{ м}^2$  неизолированной трубы диаметром 100 мм, если температура теплоносителя  $170^{\circ}\text{C}$ , температура воздуха  $+20^{\circ}\text{C}$  и скорость ветра  $w = 3 \text{ м/с}$  (пластина и труба омываются воздухом в продольном направлении). Степень черноты поверхности стенки и трубы принять равной 0,8.

Задача 5. Сравнить годовые потери тепла при отсутствии тепловой изоляции парового коллектора диаметром 340 мм и длиной 3 м, если он находится а) в помещении с температурой воздуха  $+23^{\circ}\text{C}$ ; б) на открытом воздухе при наружной температуре  $+23^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра  $w = 1 \text{ м/с}$ . Температура пара  $190^{\circ}\text{C}$ . Число часов работы 8500.

Задача 6. Определите годовую экономию тепловой энергии от изоляции сборника конденсата. Температура конденсата  $t_k = 95^{\circ}\text{C}$ . Температура на поверхности изоляции  $t_{из} = 33^{\circ}\text{C}$ . Допустимые потери тепла  $q_{п} = 65 \text{ ккал/м}^2 \times \text{час}$ . Поверхность изоляции  $H = 32 \text{ м}^2$ . Материал изоляции – маты минеральноватные на фенольной связке. Температура окружающего воздуха  $t_b = +25^{\circ}\text{C}$ . Число часов работы  $\tau = 7200$ .

Задача 7. Оцените годовые непроизводительные затраты тепла на 50 м теплопровода наружной прокладки диаметром 800 мм, не имеющего влагоизолирующего слоя и полностью поглощающего атмосферные осадки в виде дождя и снега, если известно время работы 8500 час, температура среды внутри теплопровода постоянна и равна  $151,1^{\circ}\text{C}$ , поверхности изоляции  $35^{\circ}\text{C}$ , окружающей среды  $0^{\circ}\text{C}$ , годовая норма осадков  $h = 150 \text{ мм}$ , а средняя скорость ветра  $3,0 \text{ м/с}$ . Степень черноты изоляции принять равной 0,8. Оцените доли потерь тепла за счет конвекции, излучения и испарения влаги.

Задача 8. В помещении, температура стен которого  $t_{ст} = 200^{\circ}\text{C}$ , проложено 12 м неизо-

лированного паропровода, наружный диаметр которого 350 мм, а температура поверхности  $t_{нар}=200^{\circ}\text{C}$ , степень черноты металла  $\varepsilon=0,8$ . Найти годовые тепловые потери за счет излучения и конвекции.

Задача 9. Определите потери тепла от участка горизонтально расположенной трубы и температуру воды в конце участка, если известно: расход воды  $G_v=0,4$  кг/с, наружный диаметра трубы  $d=0,15$  м, толщина стенки  $\delta_{ст}=1$  мм, длина участка  $L=80$  м, коэффициент теплопроводности стенки  $\lambda_{ст}=56$  Вт/м $\times$ К, толщина слоя изоляции  $\delta_{из}=20$ , коэффициент теплопроводности изоляции  $\lambda_{из}=0,046$  Вт/м $\times$ К, мм. Температура воды в начале участка  $t_v=90^{\circ}\text{C}$ , а температура окружающей среды  $t_{o.c}=10^{\circ}\text{C}$

#### **Практическое занятие №4. Типовые энергосберегающие мероприятия в технологических процессах, оценка их эффективности.**

На практическом занятии необходимо решить разноуровневые задачи по пройденному лекционному материалу. Литература, содержащая примеры решения, а так же дополнительный теоретический материал представлены в рабочей программе дисциплины «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии».

Примерный перечень задач по теме:

Задача 1. Определить необходимую площадь поверхности нагрева теплообменного аппарата типа водовоздушного рекуператора для обеспечения степени утилизации теплоты сточных вод, равной 0,8. Сточная вода используется для предварительного нагревания дутьевого (приточного) воздуха. Поверхность нагрева выполнена в виде коридорного пучка оребренных труб. Наружный диаметр труб  $d = 12$  мм; толщина стенки трубы  $\delta = 1$  мм; рабочая длина  $L = 5,2$  м; диаметр круглых ребер  $D = 23$  мм; толщина ребра  $\delta_r = 0,3$  мм; степень оребрения  $\psi = 8,2$ ; гидравлический диаметр  $d_{г} = 4,7$  мм. Теплопроводность материала ребра  $\lambda = 116$  Вт/м К. Вода движется по трубам, воздух – в межтрубном пространстве. Число ходов греющего теплоносителя  $z = 5$ . Термическим сопротивлением стенки и гидравлическим сопротивлением при повороте воды в трубах пренебречь. Мощность, затрачиваемая на прокачку воды по трубам, не должна превышать 60 Вт. Скорость воздуха принять равной 5 м/с. Начальную температура воды  $t'_2 = 49^{\circ}\text{C}$ , воздуха  $t'_1 = 6^{\circ}\text{C}$ ; расход воды  $G_2 = 0,65$  кг/с, воздуха  $G_1 = 0,3$  кг/с.

Задача 2. Определить тепловую мощность, гидравлические сопротивления и степень утилизации теплоты низкопотенциального источника ВЭР – турбинного масла при его охлаждении водой, направляемой затем в систему комбинированного производства теплоты и холода. Охлаждение масла осуществляется в кожухотрубном теплообменнике с перегородками в межтрубном пространстве. При решении задачи использовать методику теплового поверочного расчета. Масло течет в межтрубном пространстве, вода – внутри труб. Внутренний диаметр кожуха  $D_0 = 0,16$  м; наружный диаметр труб  $d_1 = 0,012$  м; внутренний  $d_2 = 0,01$  м; рабочая длина  $L = 746$  мм; число труб  $n = 64$  штук; теплопроводность материала труб  $\lambda = 58$  Вт/(м К); поверхность теплообмена со стороны воды  $F_2 = 1,5$  м<sup>2</sup>; число перегородок в межтрубном пространстве  $m = 10$ ; расположение трубок – по углам равностороннего треугольника, шаг между трубками  $S = 0,02$  м; толщина перегородки  $\delta = 0,002$  м.

Горячий теплоноситель (масло турбинное): расход  $G_1 = 0,75$  кг/с; температура масла на входе  $t'_1 = 45^{\circ}\text{C}$ ; холодный теплоноситель (вода): расход  $G_2 = 5,4$  кг/с; температура воды на входе  $t'_2 = 25^{\circ}\text{C}$ .

Задача 3. Рассчитать площади поверхностей теплообмена калориферов, используемых для нагрева 10 кг/с наружного воздуха от  $-26^{\circ}\text{C}$  до  $+10^{\circ}\text{C}$  воздухом, удаляемым из помещения, в системе утилизации теплоты последнего с жидкостно-воздушными теплообменниками-утилизаторами (калориферами) и циркулирующим между ними промежуточным теплоносителем. В качестве промежуточного теплоносителя используется вода. Ее минимальная температура в системе  $+5^{\circ}\text{C}$ , конечная  $+8^{\circ}\text{C}$ . Температур вытяжного воздуха  $+25^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность 50 %. Подобрать стандартные калориферы.

Задача 4. Рассчитать площадь поверхности теплообмена вертикального кожухотрубчатого водоподогревателя. 72 т/ч воды проходит по трубам диаметром 18/22 мм. Она нагревается от 70 °С до 110 °С. Греющий теплоноситель – вторичный пар из первого корпуса выпарной установки подается в межтрубное пространство. Параметры пара на входе в теплообменник 0,4 МПа и 140 °С. Коэффициент теплоотдачи пара принять равным 5000 Вт/(м<sup>2</sup> К), коэффициент теплоотдачи воды – 4000 Вт/(м<sup>2</sup> К). Теплопроводность материала труб – 50 Вт/(м К). Выбрать формулы для расчета коэффициентов теплоотдачи пара и воды при заданных условиях и проверить ранее принятые их значения.

Задача 5. Рассчитать размеры греющей поверхности и расход насыщенного водяного пара, образующегося при вскипании конденсата и используемого для нагрева 7,2 т воды в аппарате периодического действия с рубашкой. Начальная температура воды 20 °С, конечная 80 °С. Давление пара 0,2 МПа. Соотношение внутреннего диаметра корпуса аппарата и его рабочей высоты 1:2. Коэффициент теплоотдачи пара принять равным 5000 Вт/(м<sup>2</sup> К), воды – 800 Вт/(м<sup>2</sup> К). Выбрать формулы для расчета коэффициентов теплоотдачи при заданных условиях и проверить ранее принятые их значения. Рассчитать водоподогреватель, если паровую рубашку заменить на погружной змеевик.

Задача 6. При расчете воздухоподогревателя в системе утилизации теплоты вентиляционных выбросов получены следующие данные: площадь поверхности теплообмена 450 м<sup>2</sup>, проходные сечения по воздуху 2 м<sup>2</sup> и по воде 0,006 м<sup>2</sup>. Каким образом необходимо скомпоновать воздухоподогреватель из калориферов с поверхностью теплообмена 122,4 м<sup>2</sup>, проходными сечениями 1,045 м<sup>2</sup> и 0,003 м<sup>2</sup>?

Задача 7. Рассчитать площадь поверхности теплообмена воздухоподогревателя из труб со спиральным наружным оребрением. Материал труб – алюминий ( $\lambda = 100$  Вт/(м К)); диаметр  $d_n/d_b = 27/25$  мм, диаметр оребрения  $D = 75$  мм, шаг ребер 3 мм, средняя толщина ребра 0,3 мм. Подогреватель выполнен в виде шахматного пучка труб с продольным (в направлении потока воздуха) шагом  $S_1 = 1, 2 D$  и поперечным  $S_2 = 1 D$ . Расход воздуха 10 кг/с, начальная температура 20 °С, конечная 70 °С. Греющий теплоноситель – конденсат водяного пара из системы отопления. Начальная и конечная температура конденсата 110 и 80 °С. Коэффициенты теплоотдачи конденсата и воздуха (для воздуха коэффициент теплоотдачи отнесен к полной поверхности с учетом оребрения) принять равными 5000 и 50 Вт/(м<sup>2</sup> К). Выбрать формулы для расчета коэффициентов теплоотдачи теплоносителей при заданных условиях. Проверить ранее принятые их значения.

### **Практическое занятие №5. Меры государственного контроля в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.**

Ознакомление с Федеральным законом от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями)

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте цель ФЗ-261
2. Дать определение понятию энергосбережение
3. Дать определение понятию энергетическая эффективность
4. Дать определение понятию энергетическое обследование
5. Принципы правового регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности
6. Государственное регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (ЭС и ПЭЭ)
7. Требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений должны включать в себя...
8. Какие требования предъявляются к товарам, производимым на территории РФ
9. С какого года не допускается использование ламп накаливания

10. В какой период здания, строения, сооружения подлежат пересмотру в целях энергосбережения
11. Назовите требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений.
12. Кто отвечает за обеспечение требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений.
13. Кто должен обеспечивать ЭС и ПЭЭ в жилищном фонде.
14. Какие ресурсы подлежат обязательному учету с применением приборов учета
15. В какие сроки должны быть установлены приборы учета?
16. Требования к региональным, муниципальным программам в области ЭС и ПЭЭ
17. Что должны отражать целевые показатели в области ЭС и ПЭЭ
18. Перечислите мероприятия по ЭС и ПЭЭ, которые должны быть включены в региональные, муниципальные программы
19. Какие требования должна учитывать система коммунальной инфраструктуры в целях повышения ЭЭ
20. В отношении чего может проводиться энергетическое обследование (ЭО)?
21. Назовите основные цели энергетического обследования
22. Кто имеет право проводить ЭО?
23. Какую информацию должен содержать энергетический паспорт?
24. Для каких лиц ЭО является обязательным?
25. С какой периодичностью должно проводиться ЭО?
26. В каких целях используется информация, полученная при ЭО?
27. Кто может приобрести статус саморегулируемой организации в области энергетического обследования?
28. Какие требования предъявляются к саморегулируемым организациям в области энергосбережения?
29. Энергосервисный договор. Дать понятие.
30. Что должен содержать энергосервисный договор.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, выполняемый учащимся без непосредственного контакта с преподавателем, или управляемый преподавателем опосредованно через специальные учебные материалы; неотъемлемое обязательное звено процесса обучения, предусматривающее, прежде всего индивидуальную работу учащихся в соответствии с установкой преподавателя или учебника, программы обучения.

Самостоятельная работа студентов является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в методике обучения. Обучение включает в себя две, равнозначные по объему и взаимодополняющие части – процесс обучения и процесс самообучения.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умений самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование таких умений происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в лабораторных и практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Задачами самостоятельной работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений применять нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

#### **Деятельность студентов по формированию навыков учебной самостоятельной работы**

Каждый студент самостоятельно определяет режим своей самостоятельной работы. В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

В процессе самостоятельной работы студент должен:

- освоить минимум содержания, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с ФГОС высшего образования (ФГОС ВО) по данной дисциплине;
- планировать самостоятельную работу в соответствии с графиком самостоятельной работы, предложенным преподавателем;
- осуществлять самостоятельную работу в организационных формах, предусмотренных учебным планом и рабочей программой;
- выполнять самостоятельную работу и отчитываться по ее результатам в соответствии с графиком представления результатов, видами и сроками отчетности по самостоятельной работе студентов;
- использовать для самостоятельной работы методические пособия, учебные пособия, разработки сверх предложенного преподавателем перечня.

### **Подготовка к экзамену**

Наиболее ответственным этапом в обучении студентов является экзаменационная сессия. На сессии студенты отчитываются о выполнении учебной программы, об уровне глубины и объеме полученных знаний. Это государственная отчетность студентов за период обучения, за изучение учебной дисциплины, за весь вузовский курс.

Залогом успешной сдачи всех экзаменов являются систематические, добросовестные занятия студента. Однако это не исключает необходимости специальной работы перед сессией и в период сдачи экзаменов. Специфической задачей работы студента в период экзаменационной сессии являются повторение, обобщение и систематизация всего материала, который изучен в течение года.

Начинать повторение рекомендуется за месяц-полтора до начала сессии. Прежде чем приступить к нему, необходимо установить, какие учебные дисциплины выносятся на сессию и, если возможно, календарные сроки каждого экзамена или зачета.

Повторение – процесс индивидуальный; каждый студент повторяет то, что для него трудно, неясно, забыто. Поэтому, прежде чем приступить к повторению, рекомендуется сначала внимательно посмотреть программу, установить наиболее трудные, наименее усвоенные разделы и выписать их на отдельном листе.

В процессе повторения анализируются и систематизируются все знания, накопленные при изучении программного материала: данные учебника, записи лекций, конспекты прочитанных книг, заметки, сделанные во время консультаций или семинаров, и др. Ни в коем случае нельзя ограничиваться только одним конспектом, а тем более, чужими записями. Всякого рода записи и конспекты – вещи сугубо индивидуальные, понятные только автору. Готовясь по чужим записям, легко можно впасть в очень грубые ошибки.

Консультации, которые проводятся для студентов в период экзаменационной сессии, необходимо использовать для углубления знаний, для восполнения пробелов и для разрешения всех возникших трудностей. Без тщательного самостоятельного продумывания материала беседа с консультантом неизбежно будет носить "общий", поверхностный характер и не принесет нужного результата.

При ответе на экзамене необходимо: продумать и четко изложить материал; дать определение основных понятий; дать краткое описание явлений; привести примеры. Ответ следует иллюстрировать схемами, рисунками и графиками.

#### 4. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Посашков М.В. Энергосбережение в системах теплоснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.В. Посашков, В.И. Немченко, Г.И. Титов. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 192 с. — 978-5-9585-0581-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29799.html>
2. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы [Текст] : Справ. / Под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та. - [Б. м. : б. и.], 19992000. - 528 с. : табл., рис. - (Теплоэнергетика и теплотехника : в 4 кн. ; кн. 1).
3. Данилов О.Л., Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс] : учеб. / Данилов О.Л., Гаряев А.Б., Яковлев И.В., А.В. Клименко ; под ред. А.В. Клименко. — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2010. — 424 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72344>. — Загл. с экрана.
4. Стрельников Н.А. Энергосбережение [Электронный ресурс] : учебник / Н.А. Стрельников. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 174 с. — 978-5-7782-2408-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47729.html>
5. Ганжа В.Л. Основы эффективного использования энергоресурсов. Теория и практика энергосбережения [Электронный ресурс] : монография / В.Л. Ганжа. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2007. — 451 с. — 978-985-08-0810-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12310.html>
6. Крылов, Ю.А. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.А. Крылов, А.С. Карандаев, В.Н. Медведев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 176 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10251>. — Загл. с экрана.
7. Митрофанов С.В. Энергосбережение в электроэнергетике [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / С.В. Митрофанов, О.И. Кильметьева. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 105 с. — 978-5-7410-1205-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/54178.html>