

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 23.11.2023 13:40:48

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a582519fa4304cc

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика М.Д. Миллионщикова**

ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА

Кафедра «Теплотехника и гидравлика»

Р.А-В. Турлуев, А.А. Джамалуева

**Учебно-методическое пособие по дисциплине «Энергосбережение в
теплоэнергетике»**

(направление подготовки - 13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника,
профиль- Тепловые электрические станции,
Энергообеспечение предприятий
квалификация - бакалавриат)

Грозный 2018

Составители:

к.х.н., доцент, заведующий каф. «Теплотехника и гидравлика»,
Турлуев Р.А.-В.
ассистент кафедры «Теплотехника и гидравлика» Джамалуева А.А.

Рецензент:

Главный инженер МУП «Грозненские электрические сети» Сардалов Р.Б.

Учебно-методическое пособие предназначено для теоретического и практического закрепления знаний студентов, обучающихся по направлению 13.03.01, 13.04.01, – Теплоэнергетика и теплотехника и 27.03.01. Стандартизация и метрология

Методическое указание рассмотрено и утверждено на заседании
кафедры «Теплотехника и гидравлика»

Протокол № 3 от «17» ноября 2018 г.

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Грозненский государственный нефтяной технический университет
имени академика М.Д. Миллионщикова», 2018

Содержание

	Введение	4
1.	Основные понятия и определения энергетических ресурсов, энергосбережения и энергоэффективности	5
2.	Государственные законодательные акты и нормативные требования в области энергосбережения	8
3.	Энергосбережение и энергоэффективность на предприятии	19
3.1	Составление программы энергосбережения на предприятии	25
3.2.	Аудит состояния основных производственных фондов предприятия и предлагаемые решения в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности	27
3.2.1	Планируемые мероприятия в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности:	29
3.2.2	Метрологическое обеспечение производства и контроль поступления и использования энергетических ресурсов.	31
3.2.3	Анализ системы теплоснабжения предприятия и методы увеличения эффективности	31
3.2. 4	Анализ системы электроснабжения предприятия и методы улучшения эффективности	35
3.2.5	Анализ систем водоснабжения и водоотведения предприятия и методы повышение их эффективности	37
3.2.6	Аудит используемых предприятием горюче-смазочных материалов, автотранспортной техники, и иных двигателей, использующих горюче-смазочные материалы – разработка мероприятий по повышению эффективности их применения	38
3.2.7	Ожидаемые результаты	39
4.	Возможности и перспективы энергосбережения в тепловых котлах и теплогенерирующих установках	41
4.1	Классификация потерь энергетического баланса предприятия	43
5.	Энергосбережение при транспортировке тепловой энергии	46
6.	Сбережение энергии при электроосвещении	50
7.	Задачи, решения	54
8.	Задачи для самостоятельного решения	58
9.	Практические задачи теплообмена	58
9.1	Теплоотдача при свободном движении жидкости	64
9.2	Контрольные задачи	70
	Список использованной литературы	75

Введение

Энергосбережение в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях занимает значительное место в вопросах рационального использования энергоресурсов и распределение тепловых потоков. В советский период и 90 е годы прошлого столетия в нашей стране энергосбережению и энергоэффективности не уделялось должного внимания. СССР считалась страной с самой энергозатратной экономикой среди экономически развитых передовых стран. По валовому внутреннему продукту (ВВП) в начале 2000 годов энергоемкость России превысила в 3,5 раза энергоемкость европейских стран.

Нерациональность в процессах производства и транспортировки энергоресурсов приводила к огромным потерям еще на стадии их добычи и доставки к потребителям. Потери при этом были не только в сферах их производства, но и также в сфере экологии, когда, например, разлитые (потерянные в ходе добычи) нефть и нефтепродукты долговременно наносили ущерб окружающей среде. В результате деятельности промышленности многократно увеличились производственные стоки предприятий, потери углеводородного сырья на нефтедобывающих и перерабатывающих предприятиях исчислялись десятками и сотнями тысяч тонн ежегодно.

1. Основные понятия и определения энергетических ресурсов, энергосбережения и энергоэффективности

Топливо – растительное или органическое вещество, используемое в качестве рабочего тела в тепловых машинах, а также с целью получения тепла, тепловой энергии и преобразование (при необходимости) этой энергии в работу для различных видов производства.

Энергоноситель – носитель какого-то вида энергии, (вещество), которое может при определенных условиях, применено для целей энергоснабжения (определенного или конкретного вида).

Природный энергоноситель - энергоноситель, образованный из основных существующих природных ресурсов способный давать энергию или из которого может быть получена какая-либо энергия необходимая человечеству.

Произведенный энергоноситель - энергоноситель, полученный в результате проведения производственно-технологического процесса и обладающий способностью в дальнейшем использоваться как необходимый энергоресурс в других технологиях или в бытовых целях.

Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) – ресурсы различных видов энергии природного и техногенного характера используемые в хозяйственной деятельности предприятий и организаций различных сфер деятельности и ЖКХ.

Вторичные топливно-энергетические ресурсы (ВЭР) — топливно-энергетические ресурсы, полученные как отходы или побочные продукты производственного технологического процесса.

Потенциальные ТЭР – существующие в данном регионе (стране, республике, области, крае) разведанные и перспективные запасы всех видов топливно-энергетических ресурсов, которые могут быть привлечены для достижения конкретных технико-экономических или социальных задач.

Реальные ТЭР – извлекаемые с использованием существующих на данный период современных технологий, (с учетом коэффициента извлекаемости по конкретному ТЭР) запасы топливно-энергетических ресурсов в данном регионе.

Первичная энергия – полная энергия, которой обладает топливно-энергетический ресурс, не подвергнутый какому-либо изменению или преобразованию (переработке).

Полезная энергия — энергия, которую теоретически возможно преобразовать в определенный вид работы (например, в механическую энергию) или энергия затраченная потребителем для получения единицы продукции.

Возобновляемые энергетические ресурсы — энергоносители, имеющие естественное природное происхождение и зависимые от природных явлений.

Потеря энергии - разность между количеством полученной (подведенной) на вход предприятия, района, региона) энергии, зарегистрированной приборами учета, и потребленной субъектом или предприятием (полезной) энергией.

Энергоемкость производства продукта - параметр потребления суммарной энергии на единицу выпускаемой продукции.

Коэффициент полезного использования энергии - отношение всей полезно используемой в производстве продукта энергии к суммарному количеству израсходованной энергии.

В соответствии с Федеральным законом (ФЗ) №261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...»

энергетическая эффективность - характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю;

класс энергетической эффективности - характеристика продукции, отражающая ее энергетическую эффективность;

- **бытовое энергопотребляющее устройство** - продукция, функциональное назначение которой предполагает использование энергетических ресурсов, потребляемая мощность которой не превышает для электрической энергии двадцать один киловатт, для тепловой энергии

сто киловатт и использование которой может предназначаться для личных, семейных, домашних и подобных нужд;

- **энергетическое обследование** - сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте;

- **энергосервисный договор (контракт)** - договор (контракт), предметом которого является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования энергетических ресурсов заказчиком;

2. Государственные законодательные акты и нормативные требования в области энергосбережения

С начала 2000 годов в стране сформирована концепция стратегического развития экономики и ее энергетического сектора, основанная на строгом соблюдении законодательства. Уже в 2002 г. принят важнейший закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 N 184-ФЗ[1], который заложил основу технического развития, порядка введения и соблюдения основных технических документов в области стандартизации, метрологии и сертификации.

С введением Федерального закона от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о

внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»[2] в значительной степени активированы действия всех структур государственной власти в области энергосбережения и энергоэффективности. За короткие сроки, определенные в законодательных статьях, разработаны программы энергосбережения регионов, предприятий, организаций, бюджетных учреждений, проведена работа по повышению квалификации персонала в данной области.

Основные задачи при реализации в должной мере Закона - повышение эффективности экономического и социального развития страны путем внедрения энергосберегающих технологий, энергетической эффективности производства, всестороннего учета и контроля энергоресурсов на основе четко разработанных механизмов государственного контроля и управления, а также мер государственной поддержки. В обязанность органов исполнительной власти на местах руководителей учреждений, предприятий и организаций вменяется:

- определить товары, которые должны содержать информацию об энергетической эффективности, и правила нанесения такой информации;
- определять классы энергетической эффективности произведенных товаров, многоквартирных домов согласно утвержденных правил;
- определить требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений;
- перечень обязательных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме;
- установить порядок осуществления государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности.

Отмечаем, что ранее с 1996 г. был принят и действовал первый в этой области закон N 28-ФЗ "Об энергосбережении", который носил в большей степени общий и декларативный характер, и содержал систему согласованных взглядов на цели и приоритеты в сфере энергосберегающей политики. Однако он оказался недостаточно эффективным, и в нем не были прописаны и четко определены действия всех уровней власти, не определены механизмы его реализации, не установлены сроки исполнения для производителей энергоресурсов и действия потребителей.

С начала 21 века в РФ неизменно начались процессы бурного экономического роста частного сектора. Появляется множество предприятий малого и среднего бизнеса. Значительно возросла потребность в качественных энергоресурсах, т.е. возросло энергопотребление. Ежегодно возрастают затраты на энергоносители. В этих условиях не возможно одновременно нарастить мощности поставки энергоресурсов и основной и самый правильный выход из создавшейся ситуации – энергосбережение и повышение энергетической эффективности действующего оборудования или его замена на современное. Энергосбережение начинается с учета и контроля потупившей энергии и грамотного ее распределения. При этом могут открыться колоссальные возможности для развития производства за счет средств высвободившихся в результате внедрения энергосберегающих мероприятий. Среди таких мероприятий может быть, в том числе деятельность, направленная на освобождение от лишних земельных территорий, сноса не полностью загруженных производственными мощностями объектов, т.е. сокращение затрат на их энергетическое обслуживание, вывода их из налогооблагаемой базы (передача земли в муниципальную или государственную собственность).

Одна из основных целей Закона является создание условий для разработки и проведения на всех уровнях государственного управления целенаправленной энергосберегающей политики, в том числе и тщательно проработанного комплекса мероприятий по эффективному потреблению энергоресурсов.

На основании этого закона разработана Государственная программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности Российской Федерации на период до 2020 г. В том числе, в 2010 г. должны быть утверждены региональные и муниципальные программы по энергосбережению, а также приняты соответствующие программы для организаций с участием государства или муниципального образования и организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности.

Статья 4 Закона определяет «Принципы правового регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»

Статья 5 определяет область его действия и предмет правового регулирования. Основными направлениями в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности является регулирование отношений, связанных:

- с эффективностью использования первичных, вторичных и возобновляемых энергетических ресурсов при их добыче, производстве, переработке, транспортировке, хранении и потреблении;

- с производством и использованием энергоэффективных технологий, топлива, энергопотребляющего и диагностического оборудования, конструкционных и изоляционных материалов, средств измерения и контроля за расходом топлива и энергии, систем автоматизированного управления энергопотреблением;

- с развитием добычи и производства альтернативных видов топлива и энергии;

- с обеспечением единства измерений в части учета отпускаемых и потребляемых энергетических ресурсов;

- с осуществлением государственного надзора за эффективным использованием энергетических ресурсов.

Статья 10. Регулирует отношения связанные с «Обеспечение энергетической эффективности при обороте товаров»

В ней отмечается, что одним из способов государственного регулирования в области обеспечения энергетической эффективности является установление специальных требований к бытовым энергопотребляющим устройствам, компьютерам и другим товарам (под бытовыми энергопотребляющими устройствами понимаются прежде всего холодильники, телевизоры и иная бытовая техника).

Так, в отношении отдельных видов товаров вводится требование об определении их производителем или импортером класса энергетической эффективности таких товаров по правилам, которые установлены уполномоченным государственным органом в соответствии с принципами, определенными Правительством РФ. В целях реализации комментируемого Федерального закона приняты Перечень принципов правил определения класса энергетической эффективности товара и Перечень видов товаров, которые должны содержать информацию о классе энергетической эффективности, утв. постановлением Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. N 1222.

Класс энергетической эффективности товаров необходимо будет указывать в технической документации, прилагаемой к этим товарам, в маркировке, на этикетках. Применяются следующие обозначения для классов энергетической эффективности товаров - "А", "В", "С", "D", "Е", "F", "G" (рис1). При этом применение класса "А" предназначено для обозначения товаров с наибольшей энергетической эффективностью,

класса "G" - для обозначения товаров с наименьшей энергетической эффективностью из числа товаров, отнесенных к одной категории.



Рис. 1

С 1 января 2011 г. это требование должно выполняться в отношении бытовых энергопотребляющих устройств, с 1 января 2012 г. - в отношении компьютеров, других компьютерных электронных устройств и организационной техники. Кроме того, положения комментируемой статьи направлены на сокращение оборота на территории РФ электрических ламп накаливания, которые могут быть использованы в цепях переменного тока в целях освещения. Правительством РФ утверждены требования к осветительным устройствам, а также электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения. С 1 июля 2010 г. к обороту на территории РФ не будут допускаться осветительные приборы и электрические лампы, не соответствующие указанным требованиям.

За несоблюдение установленных требований предусматриваются серьезные административные санкции. Так, статьей 9.16 КоАП РФ предусмотрена ответственность в виде конфискации товаров без указания информации о классе энергоэффективности и в виде наложения штрафа.

В Статье 11 Закона «Обеспечение энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» указывает, что уже на стадии проектирования проектировщик обязан указывать, и подбирать

инженерное оборудование зданий (насосы, вентиляторы и т.п.), которое должно соответствовать требованиям энергоэффективности. Проектировщик, как и производитель оборудования, отслеживает соответствие характеристик инженерного оборудования установленным требованиям, а поставщик, осуществляющий его поставку, проверяет наличие соответствующей маркировки.

Важные положения заложены в Статье 13 «Обеспечение учета используемых энергетических ресурсов и применения приборов учета используемых энергетических ресурсов при осуществлении расчетов за энергетические ресурсы»

Учет и контроль расхода энергетических ресурсов представляют взаимосвязанный комплекс мероприятий, который должен функционировать в рамках целевой системы энергосбережения. Только в совокупности все мероприятия обеспечивают необходимые организационно-технические условия для получения эффекта от проведения энергосберегающей политики. Существенная экономия энергетических ресурсов может быть получена путем снижения потерь энергии при ее транспортировке потребителям.

По общему правилу, учет потребленной энергии осуществляется приборами учета, установленными на приемных пунктах потребителей. При наличии приборов учета потребители представляют ресурсоснабжающей организации сведения о потребленной энергии в установленные договором сроки. В случае отсутствия приборов учета, а также при несвоевременном предоставлении вышеуказанных сведений количество потребленной энергии определяется в соответствии с показаниями приборов учета, установленными на распределительной сети ресурсоснабжающей организации, а при отсутствии таковых - по приборам, установленным на источниках производства энергии. Для

правильного разрешения указанных спорных ситуаций следует различать нормативные технологические потери и фактические (сверхнормативные) потери энергии. Все производимые, передаваемые, потребляемые энергоресурсы должны подлежать обязательному приборному учету, а потребители должны оплачивать только фактически потребленные ими ресурсы.

Обязательная установка приборов учета используемых энергоресурсов в зданиях и строениях различного назначения осуществляется следующим образом.

Во-первых, с момента принятия Закона не допускается ввод в эксплуатацию зданий, строений, сооружений без оснащения приборами учета энергии и энергоресурсов.

Во-вторых, органы государственной и муниципальной власти в зданиях и помещениях, где они размещаются, должны закончить установку приборов учета всех видов энергии и энергоносителей (кроме газа).

Кроме того, собственники жилых домов, собственники помещений в многоквартирных домах, введенных в эксплуатацию на день вступления комментируемого Закона в силу, обязаны обеспечить оснащение и введение вышеуказанных приборов в эксплуатацию, кроме приборов учета газа.

Статья 15. «Энергетическое обследование» определяет порядок проведения энергетического обследования с целью получения объективных данных об объеме используемых энергоресурсов, определения показателей и потенциала повышения энергоэффективности. Статьей вменено в обязанность всех руководителей на местах оформление энергетических паспортов объектов. В данном паспорте будет содержаться информация о распределении всех видов энергии по

объектам, приборам, энергетическим установкам, что позволит своевременно выявить участки с низкой эффективностью использования энергоресурсов и определить меры по устранению потерь энергии, а также заблаговременно разработать и осуществить мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Требование по снижению объема потребляемых энергетических ресурсов

Данное требование сформулировано в ч.1 ст.24 Закона № 261-ФЗ и заключается в обязанности бюджетного учреждения обеспечить снижение в сопоставимых условиях объема потребленных им воды, дизельного и иного топлива, мазута, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии, угля в течение 5 лет не менее чем на 15% от объема фактически потребленного им каждого из указанных ресурсов с ежегодным снижением такого объема не менее чем на 3%.

При планировании указанных бюджетных ассигнований не учитывается сокращение расходов учреждения, достигнутое им в результате уменьшения объема фактически потребленных им ресурсов сверх установленного в соответствии с ч.1 ст.24 Закона № 261-ФЗ объема. Данное положение направлено на сохранение за учреждением экономии, достигнутой им сверх установленных показателей, то есть сверх 15% в течение 5 лет с ежегодным снижением на 3%.

Законодательство также содержит положение, направленное на стимулирование казенных учреждений к экономии сверх установленной ч.1 ст.24 Законом № 261-ФЗ. Согласно ч.3 ст.24 Закона № 261-ФЗ в редакции Закона № 83-ФЗ экономия средств, достигнутая за счет дополнительного по сравнению с учтенным при планировании бюджетных ассигнований снижением потребления казенным учреждением указанных в ч.1 ст.24 Закона № 261-ФЗ ресурсов, используется в соответствии с бюджетным законодательством РФ для обеспечения выполнения функций

соответствующим учреждением, в том числе на увеличение годового фонда оплаты труда (без учета указанного увеличения при индексации фондов оплаты труда).

Статья 28. Государственный контроль за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности

Под государственным контролем (надзором) законодателем понимается проведение проверки выполнения организациями при осуществлении их деятельности обязательных требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг, установленных федеральными законами, и принимаемыми в соответствии с ними нормативными правовыми актами (ст. 2 Федерального закона "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при проведении государственного контроля (надзора)"). Государственный надзор устанавливается за рациональным использованием топлива, электрической и тепловой энергии; за осуществлением пользователями и производителями топливно-энергетических ресурсов мер по экономии этих ресурсов и т.д.

Статьей 37 Федерального закона N 261-ФЗ в КоАП РФ введена новая ст. 9.16, предусматривающая административную ответственность за нарушение законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности.

Кроме того с введением 261 закона приняты ряд законодательных актов, постановлений и распоряжений правительства РФ и субъектов на местах. Внесены поправки более чем в 100 законов РФ.

Согласно ч.5 ст.24 Закона № 261-ФЗ в целях содействия проведению мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в учреждении, если расходы на покупку энергетических

ресурсов для него составляют более чем 10 млн. руб. в год, должно быть назначено из числа работников учреждения лицо, ответственное за проведение таких мероприятий.

В то же время для обеспечения своевременной реализации соответствующих мероприятий и соблюдения требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности рекомендуется назначать ответственное лицо и для иных учреждений.

В соответствии с ч.4 ст.13 Закона № 261-ФЗ по общему правилу до 1 января 2011 г. собственники зданий, строений, сооружений и иных объектов, которые введены в эксплуатацию на день вступления в силу Закона № 261-ФЗ и при эксплуатации которых используются энергетические ресурсы (в том числе временных объектов) обязаны завершить оснащение таких объектов приборами учета используемых воды, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии, а также ввод установленных приборов учета в эксплуатацию.

Количество объектов учреждения, где требуется установить приборы учета, не зависит от того по одному или по нескольким счетам оплачивает учреждение энергетические ресурсы с использованием расчетных способов. Такое количество объектов следует определять исходя из критерия «имеет непосредственное присоединение к сетям инженерно-технического обеспечения организации, осуществляющей снабжение энергетическими ресурсами» при условии исключений, сделанных в ч.1 ст.13 Закона № 261-ФЗ.

3. Энергосбережение и энергоэффективность на предприятии

Начальное экономическое развитие многих развитых стран шло по пути недостаточной оценки в области экономии существующих

энергоресурсов и энергосбережения в результате потребители и производители энергии нерационально ее расходовали. Вопросы экономии ресурсов и энергосбережения и в СССР долгое время фактически в должной мере не рассматривались. Важность повышения энергоэффективности на производстве определяется еще и тем, что на одну единицу потраченной энергии на этой стадии, при передаче энергии и производстве приходится расходовать уже три единицы первичного энергетического ресурса.

Как показано в литературе [3-8] повышение энергоэффективности в России хотя бы на 1% даст прирост внутреннего валового продукта почти на 0,35 – 0,40%. Объясняется это тем, что расходы на мероприятия по повышению энергоэффективности топливно-энергетических ресурсов в коммунальном хозяйстве и промышленности в 2-3 раза меньше по сравнению с вложениями капитальными, в виде угля, нефти и газа, которые необходимы для равносильного прироста их производства. Вывод – повышение энергоэффективности – это и есть дополнительная мощность, за счет экономии и рационального использования энергии можно дать дополнительную энергию, при этом сохраняя существующую мощность, другому потребителю.

Уже сейчас мы нередко сталкиваемся с дефицитом энергии и ограничениями ее потребления, по тем или иным причинам, и в будущем дефицит будет только расти, поэтому тема «повышение энергоэффективности» во всех отраслях и сферах так актуальна. Необходимо постоянно развивать, разрабатывать и внедрять новые более совершенные энергосберегающие технологии. В противном случае, в ближайшее будущее можно ожидать крайне не благоприятные и весьма существенные последствия, такие как: значительное изменение в

поставках и запасах не только энергии, но и материалов и сырья предприятиям, производствам и даже целым населенным пунктам.

Существенным фактором снижения экономического роста страны может стать нехватка энергии. Если в стране будет отсутствовать скоординированная политика по энергоэффективности, то по оценке экспертов, темпы снижения энергоемкости до 2015 года могут резко упасть. Такие обстоятельства могут привести спрос на энергетические ресурсы внутри страны к еще более динамическому развитию, что поведет за собой увеличение объемов добычи углеводородов, а это потребует быстрого развития инфраструктуры транспорта. Все это требует огромных инвестиций. Тем не менее, спрос на электроэнергию и газ непрерывно растет.

Ранее в России наблюдалось формальное отношение к энергоаудиту. Между тем, для того чтобы были выполнены качественные, энергосберегающие мероприятия, обоснованные технически и экономически – необходимо провести детальный энергоаудит, который включал бы в себя составление топливно-энергетических балансов энергообъекта. Следствие формального отношения к этому процессу - скептическое отношение собственников объектов к повышению энергоэффективности, к энергосбережению, что приводит к нежеланию и непониманию для чего необходимо заниматься снижением энергозатрат. Так же конечно мешает недостаток информации, опыта по финансированию проектов, организованности, координации.

Промышленные предприятия представляют собой огромную энергоемкую сферу, в которой в результате физического и морального старения оборудования происходит непрерывное и постоянное увеличение количества потребляемой энергии. Издержки промышленных предприятий составляют 9-12%, и цифры эти непрерывно растут. Так же большие

потери энергии возникают при транспортировке. Для того чтобы Российское производство развивалось, необходимо остановить непрерывный рост издержек предприятий, который в свою очередь сопровождается значительными финансовыми потерями. Необходимо провести комплекс мер по энергосбережению на предприятиях.

Энергосбережение промышленных предприятий – это комплекс мер, направленных на сокращение расхода энергии от внешних источников, который подразумевает, в первую очередь, использование таких энергетических систем, которые заведомо экономичнее других - например: энергосберегающее оборудование. Системы электроснабжения промышленных предприятий, спроектированные на номинальный режим, работают, как правило, с недогрузкой. Это вызывает снижение коэффициента мощности в системе электроснабжения, увеличение доли потерь в трансформаторах, электрических машинах и аппаратах.

В таких условиях возрастает роль энергетических обследований систем электроснабжения с целью определения мест нерационального и расточительного использования электроэнергии и разработке мероприятий по её экономии. Энергосбережение промышленных предприятий одновременно предусматривает вопросы экономии финансовых средств.

Однако, энергосбережение промышленных предприятий не может рассматриваться как проведение чисто «электротехнических» мероприятий по экономии электроэнергии, их не так уж и много. Это снижение потерь в электросетях предприятия, в трансформаторах, в электрооборудовании и осветительных приборах, использование более энергоэффективного электрооборудования, оптимизация его загрузки, замена недогруженного электрооборудования. Это также снижение потерь путем регулировки напряжения питания, повышения

коэффициента мощности. Для рационального использования энергоресурсов должна быть составлена индивидуальная программа энергосбережения предприятия.

Говоря о приоритетах энергосбережения, следует иметь в виду, что, прежде всего, должны осуществляться меры по снижению тепловой годовой нагрузки на системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. При проектировании систем следует отдавать предпочтение рациональным видам систем. Одновременно следует закладывать меры по снижению энергопотребления в эксплуатационных условиях. Такие мероприятия связаны с регулированием мощности систем.

Таким образом, проведение мероприятий, направленных на энергосбережение промышленных предприятий, позволяют решить вопросы эффективного использования энергоресурсов и снижения финансовой нагрузки на энергообеспечение производства.

Грамотно выстроенная структура энергосбережения предприятия, позволяет добиться значительного повышения эффективности использования энергоресурсов и экономии финансовых средств.

Существует много определений менеджмента, отражающих его многоцелевую функцию. В основе слова “менеджмент“ лежит английский глагол “*to manage*” (управлять), который, в свою очередь, исходит от латинского слова “*manus*” (рука). Наиболее близко к этому чеченское определение руководителя -*кюгалхо*. Отсюда термин “менеджмент” буквально может быть определен как “руководство людьми”. Под “менеджментом” понимается процесс управления отдельным работником, рабочей группой, рабочими коллективами. В зарубежных энциклопедиях понятие менеджмента объясняется как процесс достижения цели организации руками других людей.

Современные концепции управления энергоресурсами основываются на положениях и методах теории энергетического менеджмента.

Необходимость применения энергетического менеджмента обусловлена устойчивой тенденцией роста энергетической составляющей в структуре затрат на производство продукции, оказание услуг. Уменьшение энергозатрат за счет эффективного энергетического менеджмента приводит к ряду преимуществ: увеличению прибыльности, сохранению рабочих мест, дополнительным денежным источникам для инвестирования, большей конкурентоспособности и увеличению вероятности “выживания”.

Концепция энергетического менеджмента означает менеджмент (управление) энергией как любым другим производственным ресурсом (материальным, финансовым, трудовым) и целью уменьшения затрат за счет повышения энергетической эффективности.

Энергетический менеджмент (энергоменеджмент) представляет собой теорию, в которой вопросы управления энергоресурсами, повышения эффективности рассматриваются не только в рамках технических, но и с учетом организационных, мотивационных, информационных, маркетинговых аспектов.

Вместе с этим словосочетание энергетический менеджмент может рассматриваться и как вид деятельности по управлению энергетическими ресурсами, повышению энергоэффективности, опирающийся (использующий) положения и методы теории энергетического менеджмента.

Энергетический менеджмент достаточно молодая дисциплина, которая активно стала развиваться последние 15-25 лет под воздействием быстрого роста цен на энергоносители в 1974-1979 гг. и, как следствие,

спада производства в 1979-1982 гг. (цены на энергоносители повысились за указанный период на 600 %).

Международный опыт показывает, что промышленные компании, серьезно использующие теорию энергетического менеджмента, снизили затраты на энергоресурсы до 30 %. Это позволило существенно повысить прибыльность и конкурентоспособность производства.

В комплекс мер по достижению энергоэффективности предприятия входят организационные, правовые, экономические и технологические мероприятия, которые позволяют поэтапно оптимизировать работу систем энергопотребления (теплоснабжение, электроснабжение), уменьшить объем потребления энергоресурсов без снижения полезного эффекта от их использования (объема продукции, оказанных услуг). Одновременно, для управления технологическими процессами и контроля за энергопотреблением на предприятии внедряются системы автоматизированного учета и управления.

Программа энергосбережения предприятия разрабатывается непосредственно на основании результатов энергетического обследования (энергоаудита) всех объектов предприятия. Проведение комплексного энергоаудита позволяет выявить все недостатки в системах теплоснабжения, вентиляции и электроснабжения предприятия.

3.1 Составление Программы энергосбережения на предприятии

Цель Программы – обеспечение рационального использования энергетических ресурсов за счет реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Основные задачи Программы:

- реализация организационных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;

- оснащение приборами учета используемых энергетических ресурсов;
- повышение эффективности системы теплоснабжения;
- повышение эффективности системы электроснабжения;
- повышение эффективности системы водоснабжения и водоотведения;
- повышение эффективности использования моторного топлива.
- модернизация существующих мощностей производства, передачи и потребления энергетических ресурсов;
- снижение затрат на потребление энергетических ресурсов, путем внедрения энергосберегающих осветительных приборов, энергоэффективного оборудования и технологий;
- внедрение современных технологий энергосбережения на предприятиях путем реализации инвестиционных проектов и программ в области повышения энергоэффективности и энергосбережения;
- мероприятия по увеличению использования в качестве источников энергии вторичных энергетических ресурсов и (или) возобновляемых источников энергии;
- мероприятия по энергосбережению в транспортном комплексе предприятия и повышению его энергетической эффективности, в том числе замещению бензина, используемого транспортными средствами в качестве моторного топлива, природным газом;
- мероприятия по развитию нормативной правовой базы энергосбережения и повышению энергетической эффективности;
- мероприятия по информационному обеспечению и пропаганде в области энергосбережения и повышению энергетической эффективности на предприятии.

- стимулирование научно-технических разработок, направленных на создание и внедрение энергетически эффективных технологий в сфере производства, передачи и потребления энергетических ресурсов;
- информационное обеспечение и пропаганда повышения энергетической эффективности и энергосбережения путем вовлечения всех групп потребителей на предприятии в процесс энергосбережения.

Основные ожидаемые конечные результаты реализации Программы

за период реализации Программы планируется:

- снижение расходов на коммунальные услуги и энергетические ресурсы не менее ___ % по отношению к 20__ г. с ежегодным снижением на 3 %;
- снижение удельных показателей потребления энергетических ресурсов не менее ___% по отношению к 20__ г.;
- экономия энергетических ресурсов от внедрения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности за период реализации Программы в стоимостном выражении составит _____ тыс. рублей (в текущих ценах);
- суммарная экономия топлива, тепловой и электрической энергии в сопоставимых условиях – ___т у.т.;
- суммарная экономия воды в сопоставимых условиях – ___ тыс. м³.

В настоящее время затраты на энергетические ресурсы составляют существенную часть расходов организации. В условиях увеличения тарифов и цен на энергоносители их расточительное и неэффективное использование недопустимо. Создание условий для повышения

эффективности использования энергетических ресурсов становится одной из приоритетных задач развития организации.

3.2. Аудит состояния основных производственных фондов предприятия и предлагаемые решения в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности

В настоящее время затраты на энергетические ресурсы составляют существенную часть расходов организации. В условиях увеличения тарифов и цен на энергоносители их расточительное и неэффективное использование недопустимо. Создание условий для повышения эффективности использования энергетических ресурсов становится одной из приоритетных задач развития организации.

Структура энергопотребления организации в настоящий период представлена ниже:

Таблица 1

№ п/п	Наименование энергетического ресурса	Единица измерения	Предшествующие годы				20__	Примечание
			20__	20__	20__	20__		
1	Электрическая энергия	тыс. кВт·ч						
2	Тепловая энергия	Гкал						
3	Твердое топливо, в том числе:							
	<i>Указать вид топлива (уголь, дрова, торф, опилки, пеллеты, лузга и т.д.)</i>	т, м ³						
4	Жидкое топливо	т, м ³						
5	Моторное топливо, в том числе:							
	- бензин	л, т						
	- керосин	л, т						
	- дизельное топливо	л, т						
	- газ	тыс. м ³						
6	Природный газ	тыс. м ³						

	(кроме моторного топлива)							
7	Холодная вода	тыс. м ³						
8	Горячая вода	тыс. м ³ , Гкал						

Основными проблемами, приводящими к нерациональному использованию энергетических ресурсов в организации являются:

- слабая мотивация работников организации к энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- отсутствие системы контроля за рациональным расходованием топлива, энергии и воды;
- незавершенность оснащения приборами учета используемых энергетических ресурсов;
- высокий износ основных фондов организации, в том числе зданий, строений, сооружений, инженерных коммуникаций, котельного оборудования, электропроводки;
- использование оборудования и материалов низкого класса энергетической эффективности;
- применение энергоемких технологических процессов;
- иные проблемы.

Суммарный потенциал энергосбережения в организации по тепловой и электрической энергии оценивается в _____ т у.т., топлива – _____ т у.т., холодной и горячей воды – _____ тыс. м³.

Средний фактический и физический износ зданий, строений, сооружений организации составляет соответственно ___ и ___ %.

Общая площадь помещений организации составляет _____ м², в том числе отапливаемая – _____ м²

На освещение приходится ___% потребления электрической энергии от общего объема потребления в организации. Так годовое потребление

электроэнергии на нужды освещения составляет около ____ кВт·ч., ежегодно на освещение тратится около ____ тыс. руб.

Для освещения помещений организации используется ____ ламп, из которых ____ шт. накаливания, ____ шт. энергосберегающих. Внутренняя система освещения оснащена (не оснащена) автоматической системой управления, датчиками движения.

Для наружного освещения используется ____ ламп, из которых ____ шт. ламп накаливания, ____ шт. ртутных ламп, ____ шт. натриевых ламп. Система наружного освещения оснащена (не оснащена) автоматической системой управления, датчиками движения.

3.2.1. Планируемые мероприятия в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности:

- проведение обязательного энергетического обследования и разработка энергетического паспорта;
- корректировка программы, в том числе значений показателей энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- обучение работников основам энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- совершенствование организационной структуры управления энергосбережением и повышением энергетической эффективности;
- разработка механизмов стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности для работников организации;
- составление, оформление и анализ топливно-энергетических балансов организации;
- заключение энергосервисных договоров (контрактов);

- иные организационные мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

При капитальном ремонте зданий необходимо максимально использовать комплекс технических мер по повышению эффективности потребления топливно-энергетических ресурсов, в состав которого должны входить:

- использование современных оконных конструкций;
- утепление стен, перекрытий подвалов и верхних этажей;
- установка теплоотражателей за отопительными приборами;
- замена ламп накаливания на энергосберегающие и установка систем автоматического регулирования освещения в местах общего пользования;
- установка устройств плавного пуска электродвигателей лифтов;
- установка компенсаторов реактивной мощности;

3.2.2. Метрологическое обеспечение производства и контроль поступления и использования энергетических ресурсов.

- установка современных приборов учета электрической энергии, поверка, замена вышедших из строя приборов учета;
- установка современных приборов учета тепловой энергии и горячей воды, поверка, замена вышедших из строя приборов учета;
- установка современных приборов учета холодной воды, поверка, замена вышедших из строя приборов учета;
- установка современных приборов учета газа, поверка, замена вышедших из строя приборов учета;
- внедрение автоматизированной системы контроля и учета расхода энергетических ресурсов;

- иные мероприятия по оснащению приборами учета используемых энергетических ресурсов.

До реализации указанных мероприятий, отмечается следующее состояние организации. В организации установлено __ приборов учета электрической энергии, __ – тепловой энергии, __ – газа, __ – горячей воды, __ – холодной воды. Требуется установить и (или) заменить __ приборов учета электрической энергии, __ – тепловой энергии, __ – газа, __ – горячей воды, __ – холодной воды.

3.2.3 Анализ системы теплоснабжения предприятия и методы увеличения эффективности(эффект в натуральном выражении, Гкал; эффект в стоимостном выражении, тыс. руб.):

- замена окон на энергоэффективные пластиковые;
- уплотнение щелей и неплотностей оконных и дверных проемов;
- установка рекуператоров тепла вентиляционного воздуха (централизованных и децентрализованных);
- утепление наружных ограждающих конструкций;
- удаление от поверхности нагрева отопительного прибора декоративных решеток;
- установка теплоотражающего экрана за отопительным прибором;
- оснащение отопительных приборов индивидуальными автоматическими регуляторами теплового потока (термостатами);
- установка индивидуальных тепловых пунктов;
- установка системы автоматического регулирования температуры теплоносителя на вводе в здание, в зависимости от температуры наружного воздуха;
- утепление труб внутренней разводки системы отопления;
- проведение промывки системы отопления;

- замена старых отопительных котлов в индивидуальных системах отопления на новые энергоэффективные котлы;
- - модернизация тепловых пунктов с установкой частотно-регулируемых приводов на насосное оборудование;
- установка автоматизированных узлов управления параметрами теплоносителя;
- использование современного санитарно-технического оборудования и запорной арматуры;
- остекление лоджий и балконов в зданиях;
- теплоизоляция (восстановление теплоизоляции) внутренних трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения (далее - ГВС) в неотапливаемых подвалах и на чердаках;
- снижение гидравлических и тепловых потерь за счет удаления отложений с внутренних поверхностей радиаторов и разводящих трубопроводных систем;
- установка терморегуляторов на приборах отопления;
- установка балансировочных клапанов для систем отопления многоподъездных зданий;
- организация учета поступающей воды
- установка регулируемого привода в системах водоснабжения и водоотведения;
- мероприятия по сокращению потерь воды, внедрение систем обратного водоснабжения;
- мероприятия по сокращению объемов электрической энергии, используемой при передаче (транспортировке) воды.
- повышение тепловой защиты зданий, строений, сооружений при капитальном ремонте, утепление зданий, строений, сооружений;

- тепловая изоляция трубопроводов и оборудования, разводящих трубопроводов отопления и горячего водоснабжения в зданиях, строениях, сооружениях;
- восстановление/внедрение циркуляционных систем в системах горячего водоснабжения зданий, строений, сооружений;
- проведение гидравлической регулировки, автоматической/ручной балансировки распределительных систем отопления и стояков в зданиях, строениях, сооружениях;
- установка приборов учета воды, тепла, газа;
- установка счетчиков расхода воды в точках наибольшего расхода;
- установка теплоотражающих экранов за радиаторами отопления;
- теплоизоляция трубопроводов системы теплоснабжения;
- теплоизоляция обратного трубопровода горячей воды;
- установка термостатических регуляторов на радиаторах;
- утепление чердачных люков;
- утепление подвалов с внутренней стороны;
- использование обратной сетевой воды для подогрева тамбуров;
- использование обратной сетевой воды для подогрева холодной воды;
- замена вентильных кранов на рычажные и клавишные;
- просушка утеплителей чердачного помещения;
- иные мероприятия по повышению эффективности системы теплоснабжения;
- установка автоматических проветривателей на окнах и в стенах;
- замена и уплотнение дверных косяков, уплотнение дверей;
- устройство дополнительных тамбуров при входе;
- установка автоматических тепловых пунктов с климат-контролем и балансировка систем отопления;

- установка систем подогрева приточного воздуха теплом от вытяжной вентиляции;
- установка дополнительных инфракрасных излучателей в помещениях с высокими потолками;
- использование стеклянных панелей - ограждений с i, k покрытиями для аккумулирования тепла или теплоизоляции;
- применение реверсивных тепловых насосов для отопления кондиционирования с использованием грунта подвальных помещений в качестве теплового аккумулятора;
- дополнительное отопление с использованием утилизации тепла сточных вод и обратной сетевой воды тепловыми насосами;
- дополнительное отопление и горячее водоснабжение с использованием солнечных коллекторов;
- применение контроллеров в управлении вентиляционных систем;
- применение водонаполненных охладителей в ограждающих конструкциях для отвода излишнего тепла.

До реализации указанных мероприятий, отмечается следующее состояние организации. Суммарная протяженность теплопровода составляет ___ м, из них требует замены ___ м. Состояние теплопровода характеризуется ___ % износом. Потери в сети составляют ___ %.

Потенциал энергосбережения в организации по электрической энергии оценивается в ___ – ___ % (___ – ___ т у.т.).

3.2.4 Анализ системы электроснабжения предприятия и методы улучшения эффективности (эффект в натуральном выражении, кВт*ч; эффект в стоимостном выражении, тыс. руб.):

- модернизация систем освещения, с установкой энергосберегающих светильников и автоматизированных систем управления освещением;
- окраска помещения в более светлые тона;
- установка преобразователей частоты для электроприводов лифтов;
- замена существующих насосов на насосные установки с частотным преобразователем;
- установка датчиков присутствия;
- применение устройств автоматического регулирования и управления вентиляционными установками в зависимости от температуры наружного воздуха, времени суток;
- модернизация электропроводки;
- компенсация реактивной мощности;
- уменьшение числа личных электробытовых приборов;
- использование многотарифных счетчиков электрической энергии;
- проведение мероприятий по повышению энергетической эффективности объектов наружного освещения и рекламы, в том числе направленных на замену светильников уличного освещения на энергоэффективные;
- замену неизолированных проводов на самонесущие изолированные провода, кабельные линии; установку светодиодных ламп;
- мероприятия по сокращению объемов электрической энергии, используемой при передаче (транспортировке) воды.
- перекладка электрических сетей для снижения потерь электрической энергии в зданиях, строениях, сооружениях;
- установка частотного регулирования приводов насосов в системах горячего водоснабжения зданий, строений, сооружений;

- замена ламп накаливания на энергоэффективные люминесцентные.
- использование светодиодных светильников для аварийного и дежурного освещения;
- замена ртутных уличных ламп на светодиодные и натриевые;
- установка оптико-акустических регуляторов освещения;
- организация строго учета электрической энергии во всех подразделениях предприятия;
- иные мероприятия по повышению эффективности системы электроснабжения.

До реализации указанных мероприятий, отмечается следующее состояние организации. Суммарная разрешенная установленная мощность электроприемных устройств в организации составляет ____ тыс. кВт, при этом среднегодовая заявленная составляет ____ тыс. кВт.

В организации ____ точек соответственно наружного и внутреннего освещения суммарной установленной мощностью ____ кВт. Количество светильников с лампами накаливания ____ шт, с энергосберегающими – ____ (тип) ____ шт, ____ (тип) ____ шт и т.д.

Суммарная протяженность электропроводки напряжением ____ кВ составляет ____ м. Состояние электропроводки характеризуется ____ % износом. Потери в сети составляют ____ %.

В организации установлено ____ трансформаторов мощностью ____ кВА и высшим напряжением ____ кВ. Для компенсации реактивной мощности используются ____ (сведения о количестве и мощности устройств компенсации реактивной мощности).

Потенциал энергосбережения в организации по электрической энергии оценивается в __ – __ % (____ – ____ т у.т.).

3.2.5 Анализ систем водоснабжения и водоотведения предприятия методы повышения их эффективности (эффект в натуральном выражении, м³; эффект в стоимостном выражении, тыс. руб.):

- установка автоматических смесителей с инфракрасными датчиками и фиксированной температурой подаваемой воды;
- замена арматуры сливных бачков на водосберегающие с двухрежимным сливом;
- контроль за техническим состоянием водопроводной и канализационной сетей;
- реконструкция водопроводных сетей;
- установка регулируемого привода в системах водоснабжения и водоотведения;
- мероприятия по сокращению потерь воды, внедрение систем оборотного водоснабжения;
- иные мероприятия по повышению эффективности систем водоснабжения и водоотведения.

До реализации указанных мероприятий, отмечается следующее состояние организации. Организация ежегодно обслуживает (в организации работает) ____ человек, которые ежегодно потребляют ____ тыс. м³ воды, поставляемой в организацию из системы централизованного водоснабжения.

Суммарная протяженность водопровода составляет ____ м, из них требует замены ____ м. Состояние водопровода характеризуется ____ % износом. Потери в сети составляют ____ %.

Потенциал энергосбережения в организации по воде оценивается в ____ – ____ % (____ – ____ тыс. м³).

3.2.6 Аудит используемых предприятием горюче-смазочных материалов, автотранспортной техники, и иных двигателей, использующих ГСМ – разработка мероприятий по повышению эффективности их применения(эффект в натуральном выражении, т у.т.; эффект в стоимостном выражении, тыс. руб.):

- обучение эффективному вождению;
- оснащение автомобильного транспорта приборами регистрации параметров движения «ГЛОНАС»;
- замена жидкого моторного топлива на газовое;
- обновление автопарка;
- приобретение автокаров;
- прохождение плановых ТО;
- оптимизация маршрутов движения;
- составление логистических карт перемещения грузов и пассажиров (сокращение длительности проезда незагруженного автотранспорта);
- иные мероприятия по повышению эффективности использования моторного топлива и ГСМ.

До реализации указанных мероприятий в организации используются следующие виды транспортных средств:

_____ (вид) – _____ шт, расходующих _____ тыс. л (м³) _____ (вид используемого топлива);

_____ (вид) – _____ шт, расходующих _____ тыс. л (м³) _____ (вид используемого топлива); и т.д.

3.2.7 Ожидаемые результаты

По итогам реализации Программы прогнозируется достижение следующих основных результатов:

- обеспечения надежной и бесперебойной работы системы энергоснабжения организации;
- завершения оснащения приборами учета расхода энергетических ресурсов;
- снижение расходов на коммунальные услуги и энергетические ресурсы не менее ___ % по отношению к 20__ г. с ежегодным снижением на 3 %;
- снижение удельных показателей потребления энергетических ресурсов не менее ___% по отношению к 20__ г.;
- использование энергосберегающих технологий, а также оборудования и материалов высокого класса энергетической эффективности;
- стимулирование энергосберегающего поведения работников организации;
- иные ожидаемые результаты.

Реализация Программы также обеспечит высвобождение дополнительных финансовых средств для реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности за счет полученной экономии в результате снижения затрат на оплату энергетических ресурсов.

Экономия энергетических ресурсов от внедрения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности за период реализации мероприятий Программы в стоимостном выражении составит _____ тыс. рублей (в текущих ценах). Суммарная экономия энергетических ресурсов в сопоставимых условиях за период реализации Программы составит – топлива, тепловой и электрической энергии –

_____ т у.т., воды – _____ тыс. куб. м. Средний срок окупаемости мероприятий Программы составляет ___ лет.

План-график достижения ожидаемых результатов реализации программы:

- снижение расходов на коммунальные услуги и энергетические ресурсы по отношению к 20__ г., тыс. руб.;
- снижение удельных показателей потребления энергетических ресурсов по отношению к 20__ г.: электрической энергии, кВт.ч/чел; тепловой энергии, Гкал/кв. мводы, м³/чел;
- экономия энергетических ресурсов от внедрения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в стоимостном выражении составит, тыс. руб. (в текущих ценах);
- суммарная экономия топлива, тепловой и электрической энергии в сопоставимых условиях, т у.т.;
- суммарная экономия воды в сопоставимых условиях, тыс. м³;
- иные ожидаемые результаты.

4. Возможности и перспективы энергосбережения в тепловых котлах и теплогенерирующих установках

Топливо и топливно-энергетические ресурсы предназначены в основном для выделения из них теплоты. Различные виды топлива твердое, жидкое, газообразное характеризуются различной теплотой сгорания или теплотворной способностью (творить тепло).

Теплотой сгорания топлива называется количество теплоты выделяющейся при химической реакции горения 1 кг жидкого или 1 м³ газообразного топлива. Единицы измерения кДж/кг, или кДж/м³. Теплота сгорания в основном определяется опытным путем.

Для топлива определяют высшую и низшую теплоту сгорания.

Количество теплоты, выделяемое единицей топлива (1 кг, 1 м³), учитывая, что все образующиеся в процессе сгорания водяные пары конденсируются, называется высшей теплотой сгорания топлива Q_B^p

Количество теплоты, выделяемое единицей топлива (1 кг, 1 м³) не учитывая конденсацию водяных паров, называется низшей теплотой сгорания топлива Q_H^p .

В связи с тем, что учитывать конденсацию водяных паров вызывает некоторые затруднения при организации эксперимента, чаще всего определяют низшую теплоту сгорания топлива.

Эксперимент проводят как при нормальных физических условиях $P = 760$ мм.рт.ст., $t = 0$ °С, или нормальных технических условиях $P = 735,6$ мм.рт.ст., $t = 15$ °С.

Таким образом Q_H^p меньше чем Q_B^p на количество теплоты затрачиваемой на испарение воды содержащейся в топливе и воды образующейся в результате химической реакции горения при взаимодействии с кислородом воздуха. Теплота парообразования водяных паров - 2460 кДж/кг.

При общих расчетах потребности в топливе и составлении тепловых балансов предприятия часто пользуются понятием условное топливо. Условное топливо имеет $Q_H^p = 29,33 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ ($29308 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$) или 7000 ккал/кг

Если обозначить натуральное топливо B_n , условное - B_y , то используя тепловой эквивалент получаем $\text{Э} = Q_H^p / 29308$, и тогда $B_y = B_n \text{ Э}$.

Потребление различных видов топлив выражают и нефтяном эквиваленте, за единицу которого принимается одна тонна топлива по свойствам (физико-химическим характеристикам близкая к нефти, имеющая теплоту сгорания 10000 ккал/кг или 41,9 МДж/кг (для сырой нефти теплота сгорания -10420÷11030 ккал/кг, 43,7÷46,2 МДж/кг [2]).

Основным назначением энергобаланса является

- анализ и оценка эффективности использования энергоресурсов при проектировании новых предприятий,
- эксплуатации действующих предприятий, а также при осуществлении мероприятий по энергосбережению и повышению эффективности использования энергии.

Энергетический баланс предприятия для энергоаудита позволяет увидеть разность между количествами подведенной и полезно-использованной энергии. Особенно хорошо это видно на диаграмме энергетического баланса (рисунок 2) [5]:

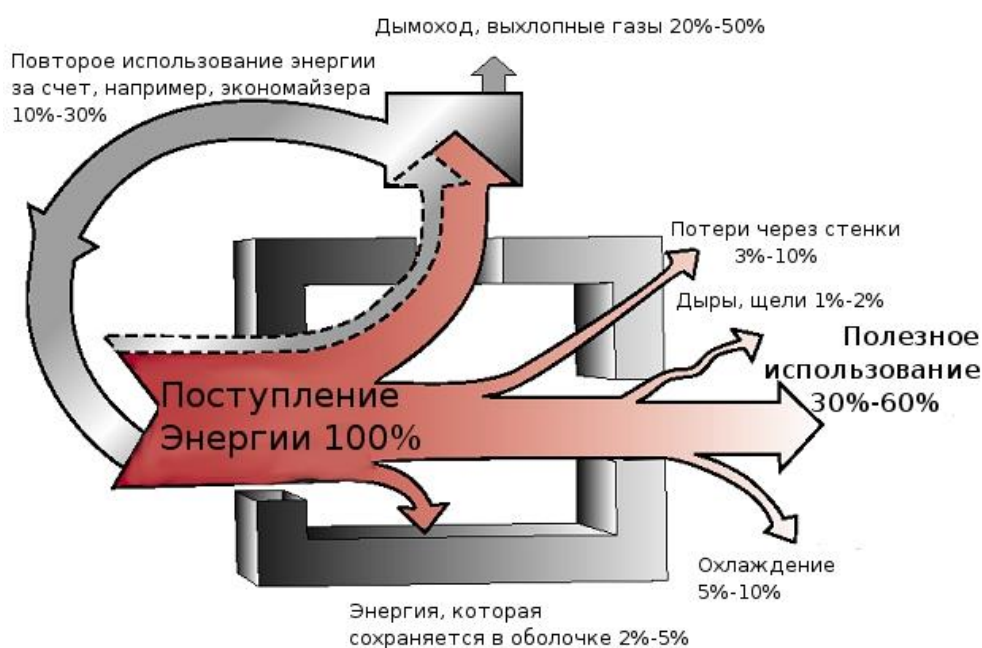


Рис. 2

Диаграмма энергетического баланса предприятия

Термин «энергобаланс» - приход и расход различных видов энергоресурсов потребляемых предприятием за определенный промежуток времени.

4.1 Классификация потерь энергетического баланса предприятия

Потери по области возникновения при:

- добыче, доставке до потребителя (транспортировка), хранении, эксплуатации, переработке, утилизации.

По физическому признаку и характеру

- потери тепла в окружающую среду с уходящими газами, технологической продукцией, технологическими отходами, уносами материалов, химическим и физическим недожогом, охлаждающей водой и т.п.
- потери электроэнергии в трансформаторах, дросселях, токопроводах, электродах, линиях электропередач, энергоустановках и т.п.
- потери с утечками через неплотности
- гидравлические потери напора при дросселировании, потери на трение при движении жидкости (пара, газа) по трубопроводам с учетом местных сопротивлений последних
- механические потери на трение подвижных частей машин и механизмов

По причинам возникновения

- вследствие конструктивных недостатков
- в результате не оптимально выбранного технологического режима работы
- в результате неправильной эксплуатации агрегатов
- в результате брака продукции и т.п.
- по другим причинам

Расчет энергетического баланса

- Текстильная сушилка использует 4 м^3 газа в час и высушивает при этом 60 кг.одежды.
- Одежда высушивается с уровня влажности 55% до 10%.
- Давайте рассчитаем эффективность использования газа сушилкой.
- Теплота сгорания газа $38\,231 \text{ кДж/м}^3$.
- Соответственно 100% теплоты от сгорания 4 м^3 газа равняется $152\,924 \text{ кДж}$
- 60 кг.мокрой одежды (уровень влажности 55%) содержит:
- $60 \text{ кг.} * 55\% = 33 \text{ кг.воды}$
- $60 \text{ кг.} - 33 \text{ кг.} = 27 \text{ кг.сухой одежды}$
- Наша сушилка высушивает одежду с 55% влажности до 10%.
- 10% влажности в одежде это 3 кг. Соответственно сушилка испаряет 30 кг.воды в час.
- Теплота необходимая для испарения 1 кг.воды – 2257 кДж
- Соответственно для испарения 30 кг.воды необходимо $2257 \text{ кДж} * 30 = 67\,710 \text{ кДж}$
- Энергоэффективность сушилки:
- $67\,710 \text{ кДж} / 152\,924 \text{ кДж} = 44\%$
- Соответственно 44% энергии, которую потребляет сушилка, используется полезно, 56% вылетает в «трубу».
- Энергобаланс сушилки выглядит вот так(рисунок 3):



Рис.3

- Энергобаланс предприятия для энергопаспорта
- Расчет энергобаланса предприятия, системы или одного станка помогает понять, сколько из затраченной энергии тратится эффективно.
- Причины и возможности устранения потерь, необходимо определять на месте, для этого и существует энергоаудит

5. Энергосбережение при транспортировке 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 потерь 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.

Наиболее распространенными *источниками теплоснабжения* являются энергетические установки: ТЭЦ, атомные станции теплоснабжения (АСТ) и котельные.

Тепловая сеть включает систему трубопроводов(теплопроводов),покоторым 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.

Реальные тепловые сети отличаются чрезвычайной разветвленностью и могут включать несколько источников теплоты – ТЭЦ или котельные. Отдельные магистрали таких сетей связаны перемычками и имеют закольцованные участки, что повышает надежность снабжения теплотой.

Транспортировка теплоты осуществляется с помощью теплопроводов. Современные теплопроводы изготавливают в заводских условиях и конструктивно включают (рис. 1):

- стальную трубу для транспортировки энергоносителя;
- тепловую изоляцию из пенополиуретана с коэффициентом теплопроводности от 0,02 до 0,027 Вт/(м·К);
- защитный кожух из пластмассы.

Кроме того, теплопроводы оснащены определителем течи, что позволяет точно устанавливать место повреждения и быстро устранять неисправности. Благодаря пластиковому защитному кожуху и жесткому сцеплению изоляции такие теплопроводы герметичны и выдерживают механические нагрузки со стороны грунта. Данные теплопроводы являются перспективными и прокладываются непосредственно в грунте, что сокращает затраты на их монтаж и эксплуатацию. Они надежны и удобны в обслуживании.

Для сведения тепловых потерь к минимуму при монтаже теплопроводов предусмотрена технология герметизации швов на стыках и других элементов – задвижек, переходников.

В настоящее время наиболее распространены теплопроводы с прокладкой в непроходных каналах или с надземной прокладкой (рисунок 4, 5). Они оснащены теплоизоляцией из минеральной ваты. Коэффициент теплопроводности сухой минеральной ваты в два раза выше, чем пенополиуретана.

Из теплопроводов формируется тепловая сеть, связывающая источники энергии с потребителями. Этот фактор учитывается таким параметром, как протяженность теплопроводов.

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, который зависит от применяемого материала и его влажности; с ростом влажности материала коэффициент теплопроводности увеличивается.

Потери теплоты при транспортировке теплоносителей связаны с их охлаждением, а при использовании пара появляются дополнительные потери, обусловленные конденсацией. В общем случае при транспортировке потери теплоты в окружающую среду можно рассчитать по данным измерений на основе уравнения теплового баланса:

$$Q = G_{c_p}(t_1 - t_2) + r G_K,$$

где G – массовый расход однофазного энергоносителя (пар или жидкость), кг/с; c_p – удельная теплоемкость теплоносителя при постоянном давлении, Дж/(кг·К);

t_1 и t_2 – температура теплоносителя соответственно на входе и выходе рассматриваемого участка сети;

r – теплота конденсации, Дж/кг;

G_k – расход сконденсировавшегося теплоносителя, кг/с.

Потери тепловой энергии надземным теплопроводом в окружающую среду можно довольно просто оценить на основании уравнения теплопередачи. При этом тепловой поток удобно отнести к длине теплопровода l . Тогда

$$Q = q_l l = k_l t_l$$

где q_l – линейная плотность теплового потока, Вт/(м · °С);

k_l – линейный коэффициент теплопередачи, Вт/(м · °С);

$t \cong (t_r - t_\infty)$ – температурный напор, °С;

\bar{t}_r – средняя температура теплоносителя на исследуемом участке теплопровода, °С;

t_∞ – температура окружающей среды, °С.

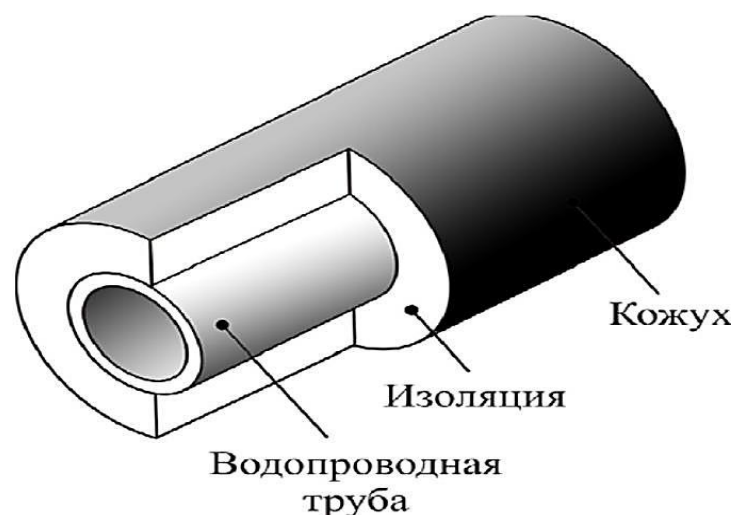


Рис. 4. Схема элемента предварительно изолированного теплопровода

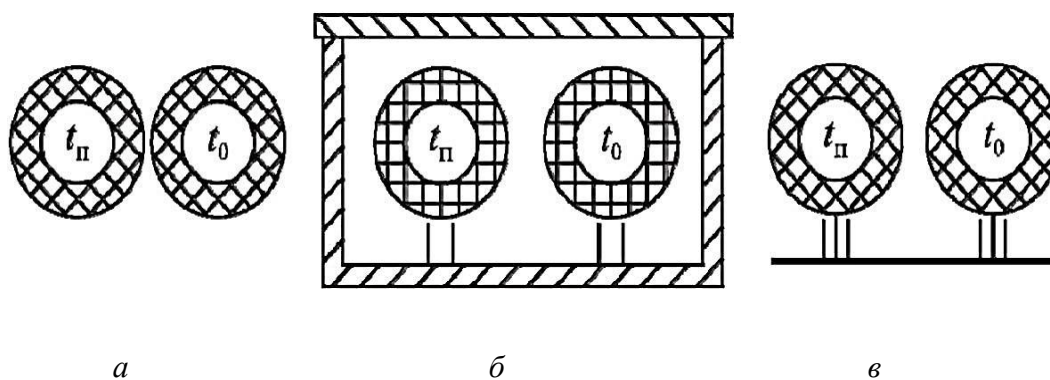


Рис. 5. Схемы конструкций типичных теплопроводов замкнутой системы теплоснабжения: *а* – подземный предизолированный теплопровод с заводской изоляцией из пенополиуретана; *б* – подземный теплопровод в непроходном канале с изоляцией из минеральной ваты; *в* – надземный теплопровод

Линейный коэффициент теплопередачи через многослойную стенку предизолированного теплопровода определяется по соотношению

$$k_1 = \frac{1}{\alpha_T \pi D_B} + \frac{1}{2\pi\lambda D_H} \ln \frac{D_{II}}{D_H} + \frac{1}{2\pi\lambda_{II}} \ln \frac{D_{II}}{D_H} + \frac{1}{2\pi\lambda_K} \ln \frac{D_{II}}{D_H} + \frac{1}{\alpha_{\infty} D_K}$$

6. Сбережение энергии при электроосвещении

По литературным данным при электрическом освещении в первую очередь необходимо обратить внимание на правильный выбор мощности электрических ламп. Электроламп большой мощности не только излишне перерасходуют электроэнергию, но и вредят зрению.

При включении в электрическую сеть лампочка одинаково ярко светит во все стороны и не обеспечивает нужного освещения, а нам при работе нужен свет, сосредоточенный на определенной поверхности или детали. Для этого электрическую лампочку помещают в светильник.

От правильно выбранного светильника в значительной степени зависит освещенность комнаты или рабочего места, а также экономичность осветительных приборов.

Рациональное освещение комнаты достигается с помощью полуотраженного или прямого освещения. Необходимо учесть, что прямое освещение экономичнее полу отражённого, так как в первом случае светильник имеет отражатель, расположенный снизу лампы.

Экономии электроэнергии способствует применение местного освещения: настольные лампы при работах за столом. Рабочий стол должен быть установлен у окна, это позволит сократить время горения электроламп при достаточном дневном свете. Потолки и стены, а также обои светлых тонов позволяют снизить мощность ламп в полтора раза.

Наиболее распространенными и основными источниками света в наших квартирах продолжают оставаться лампы накаливания. Причиной этому служит простота конструкции, компактность, удобство в эксплуатации, дешевизна, большой выбор их по мощности. Вместе с тем лампы накаливания имеют ряд недостатков. У них низкий коэффициент полезного действия (1,8–2,2 %); при повышении напряжения в сети на 2 % срок службы сокращается на 15 %, частые включения, отключения и сотрясения также влияют на срок службы, который составляет 1000 ч.

Более экономичными источниками света являются люминесцентные лампы. Они обладают благоприятным светом излучения. Люминесцентное освещение создает благоприятные условия для отдыха, снижает утомляемость, способствует увеличению производительности труда.

Люминесцентные лампы подразделяют по цветности излучения:

- 1) лампы белого света (ЛБ);
- 2) лампы дневного света (ЛД);

- 3) лампы дневного света с исправленной цветностью (ЛДЦ);
- 4) лампы холодно-белого света (ЛХБ);
- 5) лампы тепло-белого света (ЛТБ), которые имеют явно выраженный розовый оттенок.

Наиболее экономичными и универсальными являются лампы белого света (ЛБ). Они обеспечивают значительно лучшую цветопередачу, чем лампы накаливания, и по цветности воспроизводят приблизительно солнечный свет, отраженный облаками. Применение ламп ЛБ целесообразно в детских комнатах для подготовки школьных заданий и при чертежных работах.

важнейшим характеристикам люминесцентных ламп следует отнести то, что световой поток их больше, чем ламп накаливания. Световая отдача люминесцентных ламп составляет в среднем 42–62 лм/Вт, в то время как у ламп накаливания – только 10–20 лм/Вт. Срок службы люминесцентных ламп составляет 5000 ч.

Своевременная и систематическая чистка светильников, ламп и люстр позволяет экономить до 30 % электроэнергии, расходуемой на освещение. Экономии электроэнергии также способствует установка в комнатах двойных выключателей. Это позволяет при необходимости включать люстры полностью или частично.

Настольная лампа с лампочкой 30 Вт позволяет достичь лучшей освещённости на столе, чем люстра с 3–5 лампочками мощностью 180–300 Вт. Двойной выигрыш – зрение и энергия. С точки зрения энергосбережения хорош прибор плавного включения света. Лампы КЛЛ (компактные люминесцентные лампы) потребляют электроэнергии в 6–7 раз меньше в сравнении с лампами накаливания при одинаковой освещённости. Но они дороже существующих, хотя государству выгодно снизить цену на них.

Единственный в своем роде Брестский электроламповый завод выпускает компактные люминесцентные лампы, которые потребляют электроэнергии в шесть раз меньше, а непрерывно горят в восемь раз дольше (8000 часов) обычных.

Светильники предназначены для локального и общего освещения помещений самого разнообразного профиля – жилья, офисов, цехов, магазинов. Использование в светильниках компактных люминесцентных и галогенных ламп создает данным электроприборам энергосберегающие свойства. Так, за счет применения галогенных ламп мощностью 20 Вт, характеризующихся интенсивным световым потоком, возможно снижение потребления электро-энергии в 2–2,5 раза.

В домах при освещении лестничных площадок и коридоров устанавливают реле времени или автоматические выключатели с выдержкой времени. От контроля за исправной работой этих устройств со стороны домоуправлений и жильцов в значительной степени будет зависеть экономный расход электроэнергии в местах общего пользования.

Сберечь тепло в квартире, а вместе с ним и сэкономить теплоэнергию – дело несложное и больших затрат не требует. Подсчитано, что утепление окон и дверей сохраняет до 40 % тепла в квартире. Тщательное утепление квартиры создает уют, снижает расходы на ее отопление в три раза, в результате экономится топливо.

Экономия тепловой энергии получается при рациональном использовании горячей воды, так как ее потери в быту составляют 23 %. Для того чтобы вымыть лицо, руки, почистить зубы, достаточно небольшой струи или нескольких стаканов воды вместо множества литров.

Большой вклад в экономию тепловой энергии вносят домоуправления, которые своевременно, до наступления холодов,

проводят ремонт дверей в подъездах и остекление окон, ведут разъяснительную работу с жильцами.

Одно из самых перспективных и быстро окупаемых направлений энергосбережения – оборудование зданий и сооружений приборами индивидуального и группового учета и контроля расхода энергоресурсов.

Однако следует отметить, что пока большинство населения относится к этому нововведению с опаской: жильцам предлагается приобретать необходимое оборудование за свой счет. А в общественном сознании прочно укоренилась мысль, что после установки счетчиков платить за коммунальные услуги придется больше, чем сейчас.

В настоящее время мы оплачиваем потребленные энергоресурсы исходя из усредненного показателя, равного примерно 35 % от реального расхода на душу населения по стране.

При расчете за основу взят завышенный расход энергоресурсов. Жильцы квартир, в которых были установлены счетчики, заплатили за воду и тепло меньше, чем обычно. Это означает, что сегодня абсолютное большинство населения переплачивает за энергоресурсы как минимум в 3–4 раза.

По оценкам специалистов, массовая установка счетчиков позволит обеспечить экономию тепла в 1,5 раза, холодной воды – в 2 раза, горячей – в 2,5 раза. В масштабе государства это огромные деньги[1].

7. Задачи, решения

Задача 1. Нормы освещения составляют $25\text{--}30\text{Вт/м}^2$ общей площади. Сколько электроэнергии можно сэкономить за месяц, устроив местное освещение рабочего стола при условии ежедневной работы лампочки в течение 5 часов? Площадь комнаты 16 м^2 .

Решение

1. По нормам освещения определяем мощность лампочек:

$$P = 25\text{--}30\text{Вт/м}^2 \cdot 16\text{м}^2 = 400\text{--}480\text{Вт}.$$

2. Для освещения стола площадью 2 м^2 достаточно $50\text{--}60\text{ Вт}$.

3. Следовательно, за 5 часов горения ежедневно экономится: $[(400\text{--}480)\text{ Вт} - (50\text{--}60)\text{ Вт}] \cdot 5\text{ ч} = 1,75\text{--}2,1\text{ кВт} \cdot \text{ч}$,

что за 30 дней месяца составит от $52,5$ до $63\text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

Примем тариф за электроэнергию $70\text{ коп./кВт} \cdot \text{ч}$. Эта энергия стоит от $36,75$ до $44,10$ рублей. На эту сумму бюджет вашей семьи увеличится.[5]

Задача 2. Насколько энергетически выгоднее кипятить две чашки чая, чем полный чайник, который затем остывает?

Решение. Количество теплоты, необходимое для нагревания данного тела, пропорционально его массе и изменению температуры: $Q = c m \Delta t$, где Q – количество теплоты; c – удельная теплоемкость вещества; m – масса тела; Δt – изменение температуры, происходящее в результате подвода к нему количества теплоты Q .

Следовательно, затраты энергии пропорциональны массе нагреваемой воды. Если чайник имеет емкость $1,5\text{ л}$, то две чашки воды при суммарной емкости $0,4\text{ л}$ закипают при энергозатратах, составляющих $(0,4:1,5) \cdot 100 = 26,6\%$ от энергозатрат на нагрев воды в чайнике. [2]

Задача 3. Насколько снижается эффективность электроконфорки, если площадь соприкосновения ее с посудой составляет лишь 30 % полной площади?

Решение. Тепловое сопротивление, К/Вт, определяется как

$$R_T = \frac{l}{\lambda A},$$

где l – длина проводника тепла, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала проводника, Вт/м · К;

A – поперечное сечение проводника тепла.

$$\text{Тепловой поток, Вт, } \Phi = \frac{\Delta T}{R_T},$$

где ΔT – разность температур на концах проводника тепла, К.

Таким образом, если площадь соприкосновения двух контактирующих тел составляет лишь 30 % их максимальной площади, то тепловое сопротивление увеличивается на $R_T/0,3$, и тепловой поток составит лишь 30 % максимально возможного. [4]

Задача 4. Что энергетически выгоднее принять душ или ванну при условии одинаковой длительности процедуры – 5 минут и одинаковой температуры воды?

Решение. Емкость ванны составляет 200 литров. Критерием выгодности будет количества израсходованной воды. Для ванны это 200 л.

Объем жидкости, израсходованной для душа, $W = AVt$,

где W – объем жидкости, м³;

A – площадь сечения трубы, равная $0,785 d^2, \text{ м}^2$, где d – диаметр трубы, м;

V – скорость течения жидкости, м/с;

t – время, за которое протекает данный объем, с.

Скорость истечения жидкости, м/с, может быть определена как

$V = \sqrt{2gh}$ где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

h – высота столба жидкости; например, $h = 10 \text{ м}$.

При напоре 10 м, диаметре сечения трубы душа 0,005 м расход воды за 5 минут составит: $W = 0,785 \cdot 0,005^2 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 60 = 0,082 \text{ м}^3$;

$$0,2 : 0,082 = 2,5.$$

Следовательно, душ энергетически выгоднее в 2,5 раза. [5]

Задача 5. В двигателе внутреннего сгорания на каждые 4 л бензина образуется примерно 2 л окислов азота. Сколько окислов азота выбрасывается в атмосферу города, если ежегодно каждый автомобиль пробегает 40 тыс. км при среднем расходе 15 л на 100 км? В городе зарегистрировано 10 тыс. автомобилей.

Решение. Каждый автомобиль в год расходует $\frac{40000}{100} \cdot 15 = 6000$ литров бензина.

При этом выделяется $\frac{6000}{4} \cdot 2 = 3000$ литров окислов азота или в целом $3000 \cdot 10000 = 30$ млн литров окисла азота. [5]

Задача 6. Осветительные приборы, установленные в подъездах и на лестничных клетках жилых домов, – это значительный резерв экономии электрической энергии.

Решение. Сделаем примерный расчет. Предположим, что на лестничной клетке, где Вы живете, горит электрическая лампа накаливания мощностью 40 Вт. В некоторых домах лампа горит круглые сутки. Энергия, которую

потребляет эта лампа в сутки, составляет $0,04 \text{ кВт} \cdot 24 \text{ часа} = 0,96 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сутки}$.

Если это дом девятиэтажный, то потребленная энергия в каждом подъезде составит $0,96 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 9 = 8,64 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сутки}$.

Для шестиподъездного дома это будет $8,64 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 6 = 51,84 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сутки}$.

В год девятиэтажный шестиподъездный дом потребляет энергии на освещение подъездов $51,84 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 365 \text{ дней} = 18921,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год} = 19 \text{ МВт} \cdot \text{ч/год}$.

Стоимость потребленной энергии при тарифе $0,7 \text{ руб./кВт} \cdot \text{ч}$ составляет $19000 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год} \cdot 0,7 \text{ руб./кВт} \cdot \text{ч} = 13300 \text{ руб./год}$. [4]

8. Задачи для самостоятельного решения

Задача 7. Что энергетически выгоднее: вскипятить литр воды в кастрюле на конфорке или в электрическом чайнике? [5]

Задача 8. Замена ламп накаливания люминесцентными лампами позволяет сэкономить некоторое количество энергии. Посчитайте экономию за год работы при 9-часовом рабочем дне. Количество ламп 8 шт. Через какое время люминесцентные лампы окупятся? [5]

9. Практические задачи теплообмена

Задача № 9.

Толщина слоя красного кирпича $\delta_2 = 250 \text{ мм}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0,6 \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$, коэффициент теплопроводности пеношамота $\lambda = 0,097 + 0,0002t \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$.

Какую нужно сделать толщину засыпки, чтобы при температурах на внешних поверхностях стенки потери тепла составили бы $q = 935 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч}$.

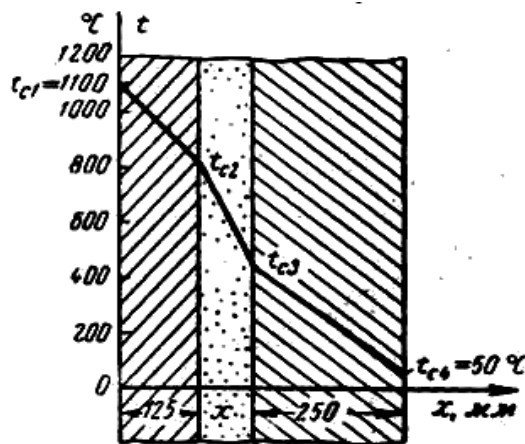


Рис. 6

Решение:

Так как тепловые потери $q = 935 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч}$ должны оставаться неизменными, то температуру в плоскости соприкосновения диатомитовой засыпки и красного кирпича найдем по уравнению:

$$t_{c3} = t_{c4} + q \frac{\delta_2}{\lambda_2} = 50 + 935 \frac{0,25}{0,6} = 440 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Толщина пеношамота равна $\delta_1 = 125 \text{ мм}$. Температура на границе пеноша- мота находим аналогичным способом $t_{c2} = 830 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Среднее значение коэффициента теплопроводности диатомитовой засыпки найдется из уравнения:

$$\lambda_{c.p} = a + b \frac{t_{c1} + t_{c2}}{2} = 0,097 + 0,0002 \left(\frac{830 + 440}{2} \right) = 0,224 \text{ ккал/м ч град.}$$

Тогда толщина засыпки будет равна:

$$\delta = \frac{\Delta t_{\text{зас}}}{q} \lambda_{c.p} = \frac{830 - 440}{935} 0,224 = 0,0935 \text{ м.}$$

Следовательно

$$\delta = 94 \text{ мм.}$$

Ответ: толщина

диатомитовой засыпки $\delta = 94 \text{ мм}$.

Задача № 10

Температура воздуха в резервуаре измеряется ртутным термометром, который помещен в гильзу (стальную трубку), заполненную маслом. Термометр показывает температуру конца гильзы $t_1 = 84 \text{ }^\circ\text{C}$.

Как велика ошибка измерения за счет отвода тепла по гильзе путем теплопроводности материала гильзы, если температура у основания гильзы $t_0 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, длина гильзы $l = 120 \text{ мм}$, толщина гильзы $\delta = 1,5 \text{ мм}$, коэффициент теплопроводности материала гильзы $\lambda = 48 \text{ ккал/м ч град}$ и коэффициент теплоотдачи от воздуха к гильзе $\alpha = 20 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч град}$.

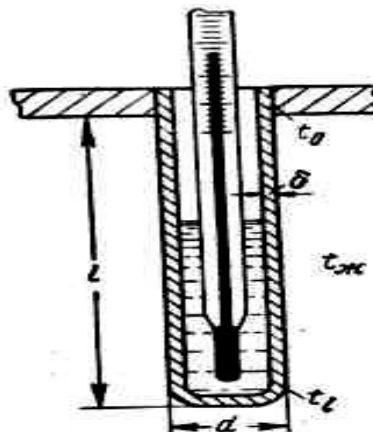


Рис.7. Ртутный термометр

Решение:

Для решения воспользуемся приближенной формулой для стержня

конечной длины: $\frac{\vartheta_l}{\vartheta_0} = \frac{1}{\text{ch}(ml)}$,

где $\frac{\vartheta_l}{\vartheta_0} = \frac{t_{\text{ж}} - t_1}{t_{\text{ж}} - t_0}$; $m = \sqrt{\frac{\alpha u}{\lambda \varphi}} \frac{1}{m}$;

периметр гильзы $u = \pi d$; сечение гильзы $\varphi = \pi d \delta$, откуда $\frac{u}{\varphi} = \frac{1}{\delta}$,

$$\text{тогда } m = \sqrt{\frac{\alpha}{\lambda \delta}} = \sqrt{\frac{20}{48 \cdot 0,0015}} = 16,7, \quad \frac{1}{m},$$

$$ml = 16,7 \cdot 0,12 = 2.$$

Из таблиц находим: $\text{ch}(2,0) = 3,76$, следовательно,

$$\frac{t_{\text{жс}} - t_1}{t_{\text{ж}} - t_0} = \frac{1}{3,76} = 0,266$$

и температура воздуха в резервуаре:

$$t_{\text{жс}} = \frac{t_1 - 0,266 t_0}{1 - 0,266} = \frac{84 - 0,266 \cdot 40}{0,734} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Ошибка измерений: $t_{\text{ж}} - t_1 = 100 - 84 = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Ответ: истинная температура воздуха $t_{\text{жс}} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$; $t_{\text{жс}} - t_1 = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Задача № 11.

Электрический нагреватель выполнен из нихромовой проволоки диаметром $d = 2r = 2 \text{ мм}$ и длиной $l = 10 \text{ м}$.

Нагреватель обдувается холодным воздухом с температурой $t_{\text{ж}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Вычислить тепловой поток с 1 м нагревателя, а также температуры на поверхности и на оси проволоки, если сила тока, проходящего через нагреватель, составляет 25 а. Удельное электрическое сопротивление нихрома $\rho = 1,1 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$; коэффициент теплопроводности нихрома $\lambda = 15 \text{ ккал/м ч град}$.

Решение:

Электрическое сопротивление нагревателя:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{\pi \cdot r^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{3,14 \cdot 1} = 3,5 \text{ ом}.$$

Количество тепла, выделяемое нагревателем,

$$Q = 0,861^2 R = 0,86 \cdot 25^2 \cdot 3,5 = 1885 \text{ ккал/ч}.$$

Тепловой поток на 1 м проволоки:

$$q_l = \frac{Q}{l} = \frac{1885}{10} = 188,5 \text{ ккал/ м} \cdot \text{ч} .$$

Температура поверхности проволоки определяется из условий

теплоотдачи: $t_c = t_{ж} + \frac{q_l}{\pi \cdot d \cdot a} = 20 + \frac{188,5}{3,14 \cdot 0,002 \cdot 40} = 771 \text{ } ^\circ\text{C} .$

Температура на оси проволоки определяется из условий

теплопроводности при наличии внутренних источников тепла:

$$t_0 = t_c + \frac{q_l}{4\pi\lambda} = 771 + \frac{188,5}{4 \cdot 3,14 \cdot 15} = 772 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

Ответ: $q_l = 188,5 \text{ ккал/м ч}$; температура на оси проволоки $t_0 = 772 \text{ } ^\circ\text{C}$,
температура на поверхности проволоки $t_c = 771 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Задача № 12

Трубка из нержавеющей стали внутренним диаметром $d_1=7,6 \text{ мм}$ и наружным диаметром $d_2=8 \text{ мм}$ обогревается электрическим током путем непосредственного включения в электрическую цепь.

Все тепло, выделяемое в стенке трубки, отводится через внутреннюю поверхность трубки.

Вычислить объемную производительность источников тепла и перепад температуры в стенке трубки, если по трубке пропускается ток силой $I=250 \text{ а}$.

Удельное электрическое сопротивление и коэффициент теплопроводности стали равны соответственно:

$$\rho = 0,85 \text{ ом мм}^2/\text{м}; \lambda = 16 \text{ ккал/м ч град}.$$

Решение:

Электрическое сопротивление на единицу длины трубки:

$$R = \frac{\rho}{\pi \cdot (r_2^2 + r_1^2)} = \frac{0,85}{3,14 \cdot (4^2 - 3,8^2)} = 0,174 \text{ ом/м}$$

Тепловой поток на единицу длины:

$$q_l = 0,86 \cdot l^2 \cdot R_t = 0,86 \cdot 250^2 \cdot 0,174 \text{ ккал/м} \cdot \text{ч}.$$

Объемная производительность внутренних источников тепла:

$$q_v = \frac{q_l}{\pi \cdot (r_2^2 - r_1^2)} = \frac{9350}{3,14 \cdot (4^2 - 3,8^2) \cdot 10^{-6}} = 1,91 \cdot 10^9 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч}.$$

Перепад температур в стенке трубки:

$$\begin{aligned} t_{c2} - t_{c1} &= \frac{q_l}{4 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \left(\frac{2 \cdot r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} - 1 \right) = \\ &= \frac{9350}{4 \cdot 3,14 \cdot 16} \cdot \left(\frac{2 \cdot 4^2}{4^2 - 3,8^2} \cdot 2,3 \lg \frac{4}{3,8} - 1 \right) = 2,39 \text{ } ^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Ответ: $q_v = 1,91 \cdot 10^9 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч}; t_{c2} - t_{c1} = 2,39 \text{ } ^\circ\text{C}.$

Задача № 13

Вычислить потери тепла в единицу времени с 1 м^2 поверхности горизонтального теплообменника, корпус которого имеет цилиндрическую форму и охлаждается свободным потоком воздуха. Наружный диаметр корпуса теплообменника $d = 400 \text{ мм}$, температура поверхности $t_c = 370 \text{ } ^\circ\text{C}$ и температура воздуха в помещении $t_{ж} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Решение:

Плотность теплового потока на наружной поверхности теплообменника

$$q = a \cdot (t_c - t_{ж}).$$

При заданных значениях температур на поверхности стенки и окружающей среды вдали от стенки решение задачи сводится к определению коэффициента теплоотдачи.

Критериальная зависимость для вычисления коэффициента теплоотдачи при свободном движении жидкости имеет вид:

$$Nu_z = C \cdot (Gr \cdot Pr)_z^n,$$

где постоянные C и n зависят от режима свободного движения, являются функциями $GrPr$ и определяются из следующей таблицы 2:

Таблица 2

$(Gr \cdot Pr)_Г$	C	n
$1 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^2$	1,18	$1/8$
$5 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^7$	0,54	$1/4$
$2 \cdot 10^7 - 1 \cdot 10^{13}$	0,135	$1/3$

Физические параметры, входящие в критерии подобия, выбираются при средней температуре $t_z = 0,5 \cdot (t_c - t_{жс})$, и для горизонтального цилиндра за определяющий линейный размер принимается наружный диаметр цилиндра.

В рассматриваемом случае определяющая температура равна $t_r = 0,5 \cdot (370 + 30) = 200 \text{ } ^\circ C$.

При этой температуре для воздуха

$$\nu_r = 34,58 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{сек}; \quad \lambda_r = 3,38 \cdot 10^{-2} \text{ ккал} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град};$$

$$\beta_r = \frac{1}{t_r + 273} = \frac{1}{473}; \quad Pr_r = 0,68.$$

Вычисляем значение комплекса:

$$(GrPr)_r = \frac{g\beta_r \Delta t d^3}{\nu_r^2} Pr_r = \frac{9,81 \cdot 340 \cdot 0,4^3}{473 \cdot (34,85 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 0,68 = 25,25 \cdot 10^7.$$

Из таблицы находим, что при вычисленном значении комплекса $(GrPr)_r$ в расчетном уравнении постоянные $C = 0,135$ и $n = 1/3$.

$$\text{Тогда } Nu_r = 0,135 (25,25 \cdot 10^7)^{1/3} = 85,3,$$

откуда

$$a = Nu_r \cdot \frac{\lambda_r}{d} = 85,3 \cdot \frac{3,38 \cdot 10^{-2}}{0,4} = 7,21 \text{ ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}.$$

Потери тепла в единицу времени с единицы поверхности теплообменника: $q = 7,21 \cdot (370 - 20) = 2450 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$.

Ответ: $a = 7,21 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч град}$; $q = 2450 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$.

9.1 Теплоотдача при свободном движении жидкости

Задача №14

Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты высотой $H = 2 \text{ м}$ окружающему спокойному воздуху, если известно, что температура поверхности плиты $t_c = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, температура окружающего воздуха вдали от поверхности $t_{\text{ж}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Решение:

Теплоотдачу при естественной конвекции у поверхности вертикальной плиты можно определить по формуле: $Nu_{\Gamma} = C \cdot (Gr \cdot Pr)_{\Gamma}^n$,

в которой за определяющий размер принимается высота плиты H .

При $t_{\Gamma} = 0,5 \cdot (100 + 20) = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ физические параметры для воздуха следующие:

$$\lambda_{\Gamma} = 2,49 \cdot 10^{-2} \text{ ккал / м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}; \nu_{\Gamma} = 18,97 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{сек};$$

$$Pr = 0,694; \beta_{\Gamma} = \frac{1}{t_{\Gamma} + 273} = \frac{1}{333} \text{ 1/град}.$$

При этих условиях значение комплекса:

$$\begin{aligned} (Gr Pr)_{\Gamma} &= g \beta_{\Gamma} \cdot \frac{\Delta t \cdot H^3}{\nu_{\Gamma}^2} Pr_{\Gamma} = \\ &= 9,81 \cdot \frac{80 \cdot 2^3}{333 \cdot (18,97 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 0,694 = 3,63 \cdot 10^{10}. \end{aligned}$$

При полученном значении $(Gr Pr)_{\Gamma}$ по таблице к формуле находим $C = 0,135$ и $n = 1/3$. Тогда $Nu_{\Gamma} = 0,135 \cdot (3,63 \cdot 10^{10})^{1/3} = 447$,

Откуда

$$a = Nu_{\Gamma} \frac{\lambda_{\Gamma}}{d} = 447 \cdot \frac{2,49 \cdot 10^{-2}}{2} = 5,56 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч град.}$$

Ответ: $a = 5,56 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч град.}$

Задача №15

Определить эквивалентный коэффициент теплопроводности и плотность теплового потока $q \text{ ккал/м}^2 \text{ ч}$ через вертикальную щель толщиной $\delta = 20 \text{ мм}$, заполненную воздухом. Температура горячей поверхности $t_{c1} = 200^{\circ}\text{C}$ и холодной $t_{c2} = 80^{\circ}\text{C}$ (рис. 8.).

Решение:

Эквивалентный коэффициент теплопроводности может быть вычислен по формуле: $\lambda_{\text{э}} = \lambda \varepsilon_{\kappa}$,

где λ - действительная теплопроводность жидкости;

ε_{κ} - коэффициент конвекции, являющийся $(GrPr)_{\text{ж}}$, и может быть

приблизительно вычислен по формуле: $\varepsilon_{\kappa} = 0,18 \cdot (GrPr)_{\text{ж}}^{0,25}$.

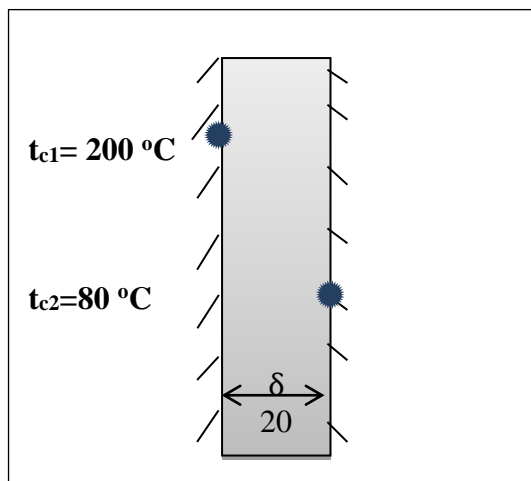


Рис. 8.

Здесь все физические параметры, входящие в критерии, выбираются при определяющей температуре:

$$t_{жс} = 0,5 \cdot (t_{c1} + t_{c2}).$$

За определяющий размер принимается ширина щели δ ; расчетная разность температур принимается $\Delta t = t_{c1} - t_{c2}$. В рассматриваемом случае

$$t_{жс} = 0,5 \cdot (200 + 80) = 140^{\circ}C. \text{ При этой температуре: } \nu_{жс} = 27,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{сек};$$

$$\lambda_{жс} = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ ккал} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}.$$

$$\text{Pr}_{жс} = 0,684; \quad \beta_{жс} = \frac{1}{t_{жс} + 273} = \frac{1}{413} \text{ 1/град}.$$

Вычисляем произведение:

$$\begin{aligned} (Gr Pr)_{жс} &= g \beta_{жс} \cdot \frac{(t_{c1} - t_{c2}) \cdot \delta^3}{\nu_{жс}^2} \cdot \text{Pr}_{жс} = \\ &= 9,81 \cdot \frac{120 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^3}{413 \cdot (27,8 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 0,684 = 2,02 \cdot 10^4. \end{aligned}$$

Ответ: $\lambda_{жс} = 6,43 \cdot 10^{-2} \text{ ккал} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$; $q = 386 \text{ ккал/м}^2\text{ч}$.

Задача № 16

Определить коэффициент теплоотдачи от горизонтальной плиты, обращенной теплоотдающей поверхностью кверху, размерами $a \times b = 2 \times 3 \text{ м}^2$,

к окружающему спокойному воздуху, если известно, что температура поверхности плиты $t_c = 100^{\circ}C$ и температура окружающего воздуха вдали от плиты $t_{жк} = 20^{\circ}C$.

Решение:

Теплоотдачу горизонтальных плит можно приближенно рассчитывать по формуле:

$$Nu_G = C \cdot (Gr \cdot Pr)_G^n.$$

В этом случае за определяющий размер берется меньшая сторона плиты.

При этом если теплоотдающая поверхность обращена кверху, то

полученное из формулы значение коэффициента теплоотдачи увеличивается на 30 %.

В рассматриваемом случае $t_r = 0,5 \cdot (100 + 20) = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$; при этой температуре для воздуха $\nu_r = 18,97 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{сек}$; $\lambda_r = 2,49 \cdot 10^{-2} \text{ ккал} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$; $\text{Pr}_r = 0,696$.

Определяющим размером будет меньшая сторона плиты, т.е. $a = 2 \text{ м}$.

$$\begin{aligned} (\text{GrPr})_r &= g\beta \cdot \frac{\Delta t \cdot a^3}{\nu_r^2} \text{Pr}_r = \\ &= 9,81 \cdot \frac{80 \cdot 2^3 \cdot 0,696}{333 \cdot (18,97 \cdot 10^{-6})^2} = 3,64 \cdot 10^{10}. \end{aligned}$$

По полученному значению $(\text{GrPr})_r$ находим $C=0,135$ и $n = 1/3$ из таблицы к формуле $Nu_r = C \cdot (\text{Gr} \cdot \text{Pr})_r^n$. Тогда

$$Nu_r = 0,135 \cdot (3,64 \cdot 10^{10})^{1/3} = 447,5,$$

Откуда

$$a = Nu_r \frac{\lambda_r}{a} = 447,5 \cdot \frac{2,49 \cdot 10^{-2}}{2} = 5,56 \text{ ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град};$$

и $a = 1,3a' = 1,3 \cdot 5,56 = 7,2 \text{ ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$.

Ответ: $a = 7,2 \text{ ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$.

Задача № 17

В контуре для изучения гидродинамики и теплоотдачи жидкометаллических теплоносителей металл в сборном баке нагревается при помощи горизонтального электрического нагревателя, имеющего форму цилиндра диаметром 50 мм.

Вычислить коэффициент теплоотдачи от поверхности нагревателя к металлу для случая, когда контур заполнен натрием с температурой $t_{\text{ж}} = 200 \text{ } ^\circ\text{C}$, а температура поверхности нагревателя $t_c = 400 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Решение:

Теплоотдача при свободном движении жидких металлов может быть вычислена по формуле:

$$Nu_{\Gamma} = C(Gr)_{\Gamma}^n Pr_{\Gamma}^{0,4}.$$

В этом уравнении C и n находятся в зависимости от значений критерия Gr_{Γ} :

при $Gr_{\Gamma} = 10^2 \div 10^9 C = 0,52$ и $n = 0,25$;

при $Gr_{\Gamma} = 10^9 \div 10^{13} C = 0,106$ и $n = 0,33$.

Физические параметры выбираются при температуре $t_{\Gamma} = (t_c + t_{жс})$.

Для рассматриваемого случая $t_{\Gamma} = 0,5 \cdot (200 + 400) = 300^{\circ} C$. При этой температуре физические параметры натрия:

$$\nu_{\Gamma} = 39,4 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2 / \text{сек}; \lambda_{\Gamma} = 61 \text{ ккал/м ч град.}$$

$$\beta_{\Gamma} \approx \frac{\gamma_{жс} - \gamma_c}{\gamma_{жс} \cdot (t_c - t_{жс})} = \frac{903 - 854}{903 \cdot (400 - 200)} = 2,71 \cdot 10^{-4} \text{ 1/град};$$

$$Gr_{\Gamma} = g\beta_{\Gamma} \cdot \frac{\Delta t \cdot d^3}{\nu_{\Gamma}^2} = 9,81 \cdot 2,71 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{200 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^3}{(39,4 \cdot 10^{-8})^2} = 4,28 \cdot 10^8.$$

При этом значении критерия $Gr_{\Gamma} : C = 0,52$ и $n = 0,25$.

Тогда $Nu_{\Gamma} = 0,52 \cdot (4,28 \cdot 10^8)^{0,25} \cdot (6,3 \cdot 10^{-3})^{0,4} = 11,1$,

откуда

$$a = Nu_{\Gamma} \cdot \frac{\lambda_{\Gamma}}{d} = 11,1 \cdot \frac{61}{5 \cdot 10^{-2}} = 13500 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч град.}$$

Ответ: $a = 13500$ ккал/м²ч град.

Приложение 1

Коэффициент теплопроводности некоторых материалов

Материал	$\lambda,$ $Вт/м \cdot К$	Материал	$\lambda,$ $Вт/м \cdot К$
Металлы:		Стекло	0,75
Алюминий	200 - 230	Штукатурка	0,70 - 0,90
Латунь	100	Шлак котельный	0,30
Медь	360		
Сталь углеродистая	45-55	Изолирующие материалы:	
Сталь легированная	17- 45	Асбест	0,15 - 0,20
Чугун	56 - 64	Плита из войлока, пробки, торфа	0,05 - 0,1
		Опилки	0,07
Строительные материалы:			
Бетон	1,30	Разные материалы:	
Кирпич красный	0,75	Зола	0,12
Кирпич огнеупорный	0,80 -1,70	Котельная накипь	0,06 - 0,10
Дерево (вдоль волокон)	0,35 - 0,70		

9.2 Контрольные задачи

Задача № I. Плоская стенка площадью F толщиной δ_1 омывается с одной стороны горячим газом с температурой $t_{ж_1}$. Стенка со стороны воды с температурой $t_{ж_2}$ покрыта слоем накипи толщиной δ_2 , теплопроводность стали λ_1 , накипи λ_2 . Коэффициент теплоотдачи со стороны газов α_1 со стороны воды α_2 .

Определить:

1. Коэффициент теплопередачи от газа к воде.
2. Плотность теплового потока.
3. Количество переданной через стенку теплоты за сутки.
4. Температуру на поверхности накипи, стальной стенки и в плоскости соприкосновения металла и накипи. Исходные данные в таблице 1.

Таблица 3

Вариант	δ_1 мм	$t_{ж_1}$ °С	$t_{ж_2}$ °С	δ_2 мм	λ_1 $\frac{Вт}{м \cdot К}$	λ_2 $\frac{Вт}{м \cdot К}$	α_1 $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	α_2 $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$f,$ м ²	Примечание
1	10	800	120	1	50	0,8	30	2500	2	

2	15	900	140	2	55	0,8	40	3000	3	
3	20	1000	160	3	50	0,8	60	3500	4	
4	30	110	180	3	55	0,8	55	4000	5	
5	15	1200	200	2	50	0,8	40	4200	6	
6	20	1300	220	3	53	0,8	32	4300	7	
7	30	1400	240	2	50	0,8	50	4600	8	
8	10	1500	250	1	52	0,8	40	5000	9	
9	20	1600	230	2	57	0,8	30	4500	10	
10	30	1500	220	3	50	0,8	50	4200	8	
11	15	1400	210	2	60	0,8	60	4300	8	
12	20	1300	200	3	50	0,8	55	4100	7	
13	30	1200	190	3	50	0,8	45	3700	6	
14	10	1100	180	1	54	0,8	35	3600	5	
15	25	900	170	2	50	0,8	40	3500	4	
16	20	120	160	2	52	0,8	52	2500	3	
17	30	140	150	3	50	0,8	65	3000	2	
18	20	160	140	2	50	0,8	60	3500	3	
19	15	180	130	1	56	0,8	40	4000	4	
20	10	200	120	1	50	0,8	50	5000	5	
21	20	220	150	3	58	0,8	60	4200	6	
22	30	240	120	1	50	0,8	50	4600	4	
23	10	250	160	3	55	0,8	30	4900	6	
24	15	230	180	2	50	0,8	40	4000	5	
25	20	220	200	2,5	56	0,8	42	5000	10	
26	32	210	225	3,5	50	0,8	53	3000	8	
27	38	200	235	4	57	0,8	60	3600	7	
28	45	190	255	1,5	50	0,8	45	3800	4	
29	35	180	245	2,5	59	0,8	32	4350	5	
30	40	170	250	3	50	0,8	56	4200	8	

Вариант 1

Трубопровод наружным диаметром $d_2 = 70$ мм покрыт слоем изоляции из асфальта толщиной 50 мм. Теплопроводность асфальта $\lambda = 0,6$ Вт/(мК). Температура наружной поверхности трубы $t_{c_2} = 340$ °С.

Тепловые потери при этом должны составлять не более $q_l = 280$ Вт/м. Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к окружающему воздуху $\alpha = 7$ Вт/м²К

Определить:

1. Температуру внешней поверхности изоляции.
2. Оценить целесообразность применения изоляции из асфальта.

3. Если изоляция из асфальта не эффективна, с помощью справочника выбрать другую.

4. Рассчитать суточные потери теплоты от трубопровода, изолированного асфальтом на длине 10 м.

5. Рассчитать значение q_l для трубопровода без изоляции в предположении, что t_{c_2} остаются неизменными, а температура окружающего воздуха $t_b = 20$ °С.

Вариант 2

2 Площадь кирпичной стены здания составляет 100 м^2 . Толщина стены

$\delta = 250$ мм. Теплопроводность кирпича $\lambda = 0,8 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ Коэффициент теплоотдачи от воздуха в помещении $\alpha_1 = 9 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности к окружающему воздуху $\alpha_2 = 22 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ Температура воздуха в помещении $t_{ж_1} = 15$ °С, температура наружного воздуха $t_{ж_2} = 20$ °С.

Определить:

1. Суточные потери теплоты через стену.
2. Температуру внутренней поверхности стены.
3. Температуру наружной поверхности стены.
4. Во сколько раз уменьшаются потери теплоты через стену, если ее снаружи утеплить вермикулитовыми плитами толщиной 20 мм, теплопроводностью $\lambda = 0,08 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ (α_2 и $t_{ж_2}$ остаются неизменными/).
5. Температуру поверхности касания кирпича и вермикулита.

Вариант 3

Трубу с холодильным агентом /фреоном/ наружным диаметром $d = 25$ мм необходимо покрыть тепловой изоляцией, толщина которой по конструктивным соображениям не может превышать 8 мм. Коэффициент теплоотдачи к поверхности изоляции - величина постоянная и будет $\alpha = 10 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Во избежание испарения фреона 13 /температура насыщения при $P = 1$ бар составляет -30 °С/ температура наружной поверхности трубы не должна превышать 28 °С. Температура окружающей среды $t_{ж_2} = 25$ °С

Определить:

1. С помощью справочника материал изоляции, предельное значение теплопроводности, которое обеспечит снижение теплоподвода к трубе и тем самым температуру трубы -28 °С.
2. Линейную плотность теплового потока для изолированной трубы.
3. Суточный теплоподвод к трубе на длине 10 м.

4. Температуру наружной поверхности изоляции.
5. Температуру внутренней поверхности трубы с толщиной стенки 1 мм, если коэффициент теплоотдачи от фреона $\alpha = \text{Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$

Вариант 4

Внутри трубопровода диаметром $\frac{d_2}{d_1} = 150/145$ мм и длиной 10 м протекает горячая вода со средней температурой $t_{ж1} = 120$ °С. Снаружи труба покрыта двумя слоями изоляции. Первый слой имеет толщину $\delta_1 = 15$ мм и $\lambda_1 = 0,15 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$, второй слой толщиной $\delta_2 = 30$ мм и $\lambda_2 = 1,28 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$. Теплопроводность материала трубы $\lambda_{тр} = 18 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$. Температура окружающей среды $t_{ж2} = -5$ °С. Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к окружающему воздуху $\alpha_2 = 15 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$ а от воды к внутренней поверхности трубы $\alpha = 500 \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$;

Определить:

1. Потери теплоты в окружающую среду в течение 15 ч.
2. Температуру внутренней и наружной поверхностей металлической трубы.
3. Температуру поверхности изоляции.
4. Температуру в месте контакта изоляционных слоев.
5. Оценить эффективность применения второго слоя изоляции.

Вариант 5

По медному проводнику с площадью сечения 3 мм² проходит ток силой 18 А. Удельное электрическое сопротивление меди $\rho = 0,018 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$. Проводник необходимо изолировать резиновой изоляцией с $\lambda = 0,15 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$. Перепад температуры по толщине изоляции не должен превышать 4 °С. Температура окружающей среды равна 20 °С.

Определить:

1. Линейную плотность теплового потока.
2. Толщину слоя изоляции.
3. Термическую эффективность изоляции медного проводника, если коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к окружающему воздуху $\alpha = 20$ °С
4. Месячный расход электроэнергии в киловатт-часах на нагрев 100 м провода.
5. Температуру меди и температуру поверхности изоляции.

Приложение 2

Коэффициент теплопроводности λ различных материалов Вт/(м·К)

Материал	λ , Вт/(м·К)	Материал	λ , Вт/(м·К)
Металлы:			
Серебро	410	Изолирующие материалы	
Золото	318		
Медь	380÷392	Асбест	0,10÷0,2
Латунь	100	Кизельгуровая масса	0,006÷0,02
Алюминий	200÷230	Плита из пробки, войлока, пробки, торфа	0,04÷0,12
Железо	92		
Сталь легированная	17÷45	Опилки	0,07
Сталь углеродистая, Чугун	45÷60	Котельная накипь	0,07÷2,3
		Уголь	0,12÷0,2
Ртуть	8,2	Шлак котельный	0,3
Строительные материалы:		Пенопласт	0,04
		Паркет дубовый	0,42
Бетон	1,3	Стекланная вата (влажность 10 %)	0,052
Черепица керамич.	0,85		
Кирпич красный	0,6 ÷ 0,67	Ламповая сажа	0,07÷0,116
Кирпичная кладка	0,25 ÷ 0,50	Керамзит (200-800 кг/м ³)	0,1÷0,18
Кладка бутовая	1,3	Глина (600-2900 кг/м ³)	

Карборундовый кирпич	11,0	Шлаковата	0,05
		Минвата	0,04
Шамотный кирпич	0,14÷0,18	Ячеистый бетон	0,30
Кирпич клинкерный	0,8÷0,16	Пробка	0,05
Штукатурка	0,7÷0,9	Полистирол	0,037
Саман	0,35	Пенополиуретан	0,030
Стекло обыкновенное	0,75	Пеноплэкс	0,028
Дерево (вдоль волокна)	0,35÷0,7	Пенобетон	0,14
Песок речной сухой	0,3-0,4	Полистеролбетон	0,075÷0,085
Линолеум ПВХ	0,38	Поликарбонат	0,16
Ракушечник	0,27÷0,63	Вермикулит	0,064÷0,074
Вода при 0 °С	0,55	Вспененный каучук	0,033
Вода при 100 °С	0,68	Грунт сухой	0,4
Воздух при 0 °С	0,0244	Грунт утрамбованный	1,05
Воздух при 1000 °С	0,0805	Зола древесная	0,15
Газы	0,06÷0,58	Асбест волокнистый	0,16
Вакуум	0	Асфальт	0,7
Аргон	0,017	Асфальтобетон	1,05
Снег:		Газобетонный блок	0,15÷0,3
- свежавыпавший	0,1	Глина огнеупорная	1,04
- уплотненный	0,5	Кирпич сплошной	0,67

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 N 184-ФЗ;
2. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
3. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. –М.: «Машиностроение-1», 2006, 256 с.
4. Самойлов, М. В. Основы энергосбережения : учеб.пособие / М. В. Самойлов, В. В. Палевчик, А. Н. Ковалев. – Минск : БГЭУ, 2002. – 198 с.
5. Хрестоматия энергосбережения : справ.изд-е : в 2 кн. / под ред. В. Г. Лисиенко. – М. : Теплоэнергетика, 2002. – (кн. 1 – 688 с.; кн. 2 – 760 с.).
6. Брызгалов, В. И. Гидростанции : учеб.пособие / В. И. Брызгалов, Л. А. Гордон. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2002. – 541 с.
7. Губин, В. Е. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии в энергетике / В. Е. Губин, С. А. Косяков.–Томск: Изд-во НТЛ, 2002.– 252с.
8. Адрижиевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент : учеб.пособие / А. А. Адрижиевский. – Минск: Высш. шк., 2005. – 294с.

Подписано в печать 2018 г.
Формат 60/84 1/16 Бум. офсетная №1. Усл. печ. л.3.5
Печать ризографическая
Редакционно-издательский отдел ГГНТУ
Тираж 25 экз. Заказ №

Государственное образовательное учреждение высшего образования
«Грозненский государственный нефтяной технический университет»
им. акад. М.Д. Миллионщикова» 2018 г.
364905, г. Грозный, пр. Х.А. Исаева, 100