

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГОАУДИТ

Методические указания
для самостоятельной работы, выполнения
практических занятий и контрольной работы

Новосибирск 2023

Кафедра техносферной безопасности и электротехнологий

Составитель доктор. техн. наук, доц. *В.Н. Делягин*, преподаватель
А.А.Кондратьев

Рецензент

Энергосберегающие электротехнологии и энергоаудит: метод. указания для самост. работы, выполнения практических занятий и контрольной работы /Новосиб. гос. аграр. ун-т, Инженер.ин-т; сост. В.Н.Делягин . – Новосибирск, 2023. – 32 с.

Методические указания предназначены для самостоятельного изучения дисциплины студентами очной и заочной форм обучения по направлению подготовки

35.03.06 – Агроинженерия, профиль «Электрооборудование и электротехнологии». Приведены задания и методические указания по выполнению практических занятий и контрольной работы по энергосберегающим электротехнологиям и энергоаудиту технологических процессов сельскохозяйственного производства и быта сельского населения, представлена методическая и справочная информация по расчету энергосберегающих установок и энергоаудиту производственных и бытовых зданий.

Утверждены и рекомендованы к изданию методической комиссией Инженерного института (протокол №__от__2023 г.).

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ И РАЗДЕЛОВ КУРСА	5
1.1. Цель и задачи курса	5
1.2. Общие методические рекомендации по изучению курса «Энергосберегающие электротехнологии и энергоаудит».....	5
1.2.1 Структура потребления энергоресурсов.....	6
1.2.2 Энергосберегающие электротехнологии в сельскохозяйственном производстве..	8
1.2.3 Система учета и управления потреблением энергоресурсов.....	8
1.3 Общие сведения. Основные термины и понятия энергосбережения.....	10
1.4 Нормативно-методическое обеспечение энергосбережения.....	15
1.5 Основные направления энергосбережения	16
2. ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	19
2.1 Задание для практических занятий по расчету и оформлению энергетического паспорта здания.....	19
2.1.1 Порядок проведения расчетов при проведении энергоаудита здания и оформления работы.....	19
2.1.2 Пример теста, упрощенного расчета энергетических параметров помещения. ...	26
2.2. Задание для контрольной работы по расчету энергосберегающей электрифицированной системы микроклимата	34
2.3 Система учета и управления потреблением энергоресурсов	43
2.4 Лабораторная работа - Определение термического сопротивления ограждающих конструкций с использованием методов тепловизионного обследования	608
ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОАУДИТ В АПК» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПРОФИЛЯ «АГРОИНЖЕНЕРИЯ» НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ.....	72

ВВЕДЕНИЕ

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

Энергетический аудит (энергоаудит) - сбор, обработка и анализ данных об использовании **энергетических** ресурсов в целях оценки возможности и потенциала энергосбережения и подготовки заключения

Электротехнология — наука, изучающая теорию и практику преобразования электрической энергии в тепловую, химическую, механическую и другие виды энергии, совмещенного с технологическим процессом в едином устройстве.

Дисциплина **Энергосберегающие электротехнологии и энергоаудит** в сельскохозяйственном производстве включает в себя изучение рациональных способов, режимов работы электротехнологических установок и методов их контроля обеспечивающее снижение потребления первичных энергоресурсов.

По окончании курса изучения курса энергосберегающие необходимо

Знать:

- основные требования ГОСТов, ПУЭ, нормативных и руководящих материалов по эксплуатации электротехнологических установок и методов оптимизации их режимов работы с использованием приборов контроля режимов потребления электрической энергии;

- особенности использования электромагнитных полей в сельскохозяйственном производстве;

- современные методы расчета электротехнологических установок с учетом технических требований и по безопасности использования электромагнитных излучений в широком диапазоне частот и их экономической эффективности;

- устройства для генерации электромагнитных полей в диапазоне от 50 Гц до 103 ТГц;

- методы организации приборного контроля и учета потребления энергоресурсов.

Уметь:

- оценивать эффективность использования электромагнитных полей в конкретном технологическом процессе;

- производить диагностику электротехнологических установок и приборов учета потребления энергоресурсов в нормальных и аварийных ситуациях;

- выбирать элементы электрических сетей в соответствии с требованиями ПУЭ и нормативной документации;

- управлять режимами работы электротехнологических установок с целью минимизации потребления энергии и повышения технико-экономических показателей технологических процессов.

Владеть:

- современными технологиями проектирования и эксплуатации электротехнологических установок, систем контроля энергетических параметров производственного процесса.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ И РАЗДЕЛОВ КУРСА

1.1. Цель и задачи курса

Дисциплина ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГОАУДИТ предназначена для того, чтобы дать студентам знания по методике исследования, расчета и практическому применению теоретических основ энергосберегающих электротехнологий в сельскохозяйственном производстве.

В соответствии с назначением основной целью дисциплины является формирование у студентов системы знаний и практических навыков для решения профессиональных задач по эффективному использованию электротехнологических установок и систем учета и контроля потребления энергоресурсов.

Исходя из цели, в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи:

- Освоение современных методов проектирования энергосберегающих электротехнологических установок и систем учета и контроля потребления энергоресурсов;
- Знакомство с конструкциями элементов энергосберегающих электротехнологических установок, систем учета и контроля потребления энергоресурсов сельскохозяйственными потребителями и принципами их монтажа;
- Изучение основ эффективной эксплуатации энергосберегающих установок.
- Освоение методики измерения основных энергетических характеристик объектов.

1.2. Общие методические рекомендации по изучению курса «Энергосберегающие электротехнологии и энергоаудит»

Постановка задачи

Необходимо ознакомиться со структурой потребления энергоресурсов сельскохозяйственного предприятия. Оценить долю качественных энергоресурсов в структуре себестоимости продукции. Ознакомиться со структурой топливно-энергетического баланса животноводческой фермы. Оценить негативные последствия несоблюдения параметров температурно-влажностного режима производственных помещений.

Необходимо ознакомиться с задачами электрификации технологических процессов в сельскохозяйственном производстве, рассмотреть особенности наиболее энергоемких процессов и возможности оптимизации режимов потребления электроэнергии у наиболее энергоемких стационарных процессов. При этом необходимо оценить возможность использования электромагнитных полей, использование которых способствует повышению качества продукции и снижению энергозатрат при производстве.

Необходимо рассмотреть обобщенную структуру системы учета и управления потреблением энергоресурсов (СУиУПЭ) и ознакомиться с правилами монтажа и эксплуатации технических устройств системы учета и управления электроснабжения: центр электрического питания (СУиУПЭ).

Определить номенклатурный перечень измерительных приборов для оценки энергетических показателей технологических процессов, ознакомиться с методикой

проведения энергоаудита и правилами оформления энергетического паспорта предприятия.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое энергетический баланс предприятия?
2. Доля энергоресурсов в структуре себестоимости продукции животноводства и растениеводства.
3. Параметры температурно-влажностного режима животноводческих помещений.
4. Оптимизация режима энергопотребления на животноводческой ферме.
5. Использование электромагнитных полей в технологических процессах сельскохозяйственного производства.
6. Что такое «технологический эффект» при использовании электротехнологий в технологических процессах сельскохозяйственного производства?
7. Система учета и управления потреблением энергоресурсов (СУиУПЭ). Структурная схема СУиУПЭ и принципы измерения потребления энергоносителей.
8. Энергетический паспорт предприятия.
9. 10. Энергоаудит предприятия. Цели и задачи. Приборное обеспечение энергоаудита.

1.2.1 Структура потребления энергоресурсов

Оценка состояния энергообеспечения сельскохозяйственного производства и быта сельского населения. Изучить структуру потребления энергоресурсов сельскохозяйственного предприятия. Прямые, косвенные и инвестиционные энергозатраты. Энергетический коэффициент использования энергоресурсов. Среднегодовой коэффициент использования топлива. Методы управления и оптимизации структурой потребления энергоресурсов. Оценка эффективности управления режимами энергопотребления.

Энергетический анализ эффективности технологического процесса производства продукции растениеводства и животноводства. Наиболее энергоемкие технологические процессы в с/х производстве.

Проанализировать типовые схемные решения указанных структур, рассмотреть их особенности и конструктивное исполнение.

Вопросы для самопроверки

1. Структура потребления энергоресурсов сельскохозяйственного предприятия.
2. Прямые, косвенные и инвестиционные энергозатраты.
3. Энергетический коэффициент использования энергоресурсов.
4. Среднегодовой коэффициент использования топлива.
5. Методы управления и оптимизации структурой потребления энергоресурсов.
6. Теплофизические характеристики используемых в сельскохозяйственном производстве энергоресурсов.

7. Энергетический анализ эффективности растениеводства.
8. Энергетический анализ эффективности производства продукции животноводства.

1.2.2 Энергосберегающие электротехнологии в сельскохозяйственном производстве

Физическая сущность процессов энергосбережения при использовании электротехнологий. Динамика нагрева при использовании электромагнитных полей (ЭМП) – основа энергосбережения. Плотность потока излучений. Зависимость КПД установки от скорости нагрева. Ограничения на характеристики ЭМП при обработке сельскохозяйственной продукции. Эффективность процессов электронагрева материалов и сред. Эффективность использования высокочастотных ЭМП в технологических процессах сельскохозяйственного производства.

Энергосберегающие электротехнологические установки в процессах дезинфекции, инактивации и стерилизации материалов и сред. Использование электротехнологических установок для озонирования производственных помещений. Энергосберегающие установки для обработки материалов и сред в диапазоне 10-400 нм (ультрафиолет). Энергосберегающие установки для обработки материалов и сред в диапазоне 400-700 нм. Энергосберегающие установки для обработки материалов и сред в диапазоне 700-20000 нм (инфракрасное излучение).

Вопросы для самопроверки

1. Влияние динамики нагрева на энергетический КПД установки.
2. Физические процессы при обработке материалов и сред в электромагнитных полях обеспечивающие снижение энергозатрат при производстве продукции.
3. Электронагрев в технологических процессах сельскохозяйственного производства.
4. Энергосбережение при озонировании материалов и сред.
5. Энергосбережение при использовании инфракрасного излучения.
6. Энергосбережение при использовании ультрафиолетовых излучателей.
7. Негативные последствия использования высокочастотных полей в диапазоне ЭМИ до 10 ГГц.

1.2.3 Система учета и управления потреблением энергоресурсов

Структура системы учета и управления потреблением энергоресурсов. Основная расчетная формула для определения потребляемой мощности тепловой установки. Особенности структуры и дополнительные требования предъявляемых в сельскохозяйственном производстве к структуре системы учета потребления энергоресурсов. Датчики расхода сред – вода, пар, газ, молоко, воздух и др., принцип действия работы, технические характеристики и правила монтажа.

Контроллеры системы учета и управления потреблением энергоресурсов.

Программирование и монтаж. Поверка технических средств контроля и измерения параметров материалов и сред.

Изучение основ расходомерии материалов и сред в сельскохозяйственном производстве.

Правила аттестации узлов учета расхода материалов и сред. Поверка измерительных средств.

Энергетический паспорт предприятия и требование к его составлению. Энергоаудит предприятия, методы его проведения и техническое обеспечения измерений. Методика проведения энергоаудита и правилами оформления энергетического паспорта предприятия.

Вопросы для самопроверки

1. Структура системы учета потребления тепловой энергии. Основные расчетные формулы.
2. Структура системы учета потребления пара и воды. Основные расчетные формулы.
3. Структура системы учета потребления газа. Основные расчетные формулы.
4. Специфика учета расхода сред в сельскохозяйственном производстве (молоко).
5. Измерение температуры сред и материалов. Технические характеристики.
6. Оптимальные режимы потребления производственных объектов (животноводческие помещения).
7. Утилизация тепловой энергии в технологических процессах животноводства.
8. Контроллеры для учета расхода материалов и сред в сельскохозяйственном производстве. Устройство, правила монтажа и поверки.
9. Тепловизионная съемка объектов. Тепловизор. Энергоаудит с использованием тепловизора. Расчет тепловых потерь здания с использованием показаний тепловизора.
10. Пирометры и средства дистанционного контроля температуры и подвижности воздуха.
11. Энергетический паспорт предприятия. Методика составления энергетического паспорта здания.

1.3 Общие сведения. Основные термины и понятия энергосбережения

Теплофизические свойства (ТФС) или теплофизические характеристики (ТФХ) веществ, материалов и изделий – коэффициенты теплопроводности, температуропроводности, теплоотдачи, теплопередачи, термическое сопротивление теплопередачи, удельная объемная или весовая теплоемкости, степень черноты, температура насыщения. Физический смысл и определения коэффициентов приведены в разделе 2.

Топливо – вещество, которое может быть использовано в хозяйственной деятельности для получения тепловой энергии, выделяющейся при его сгорании. Виды, классы, свойства, теплота сгорания органических твердых, жидких, газообразных топлив приведены в разд. 3

Энергоноситель – вещество или форма материи, находящиеся в различных агрегатных состояниях (твердое, жидкое, газообразное, плазма, поле, излучение). Энергия этих веществ, при создании определенных условий, используется для целей энергоснабжения.

Природный энергоноситель – энергоноситель, образовавшийся в результате природных процессов: вода гидросферы (при использовании энергии рек, морей, океанов); горячая вода и пар геотермальных источников;

воздух атмосферы (при использовании энергии ветра); органическое топливо (нефть, газ, уголь, торф, сланцы), биомасса.

Произведенный энергоноситель – энергоноситель, полученный как продукт производственного технологического процесса: водяной пар различных параметров котельных установок и других парогенераторов; горячая вода; сжатый воздух, ацетилен; продукты переработки органического топлива и биомассы и т.п.

Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) – совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности предприятий, транспорта, жилищно-коммунальном комплексе.

Вторичные топливо-энергетические ресурсы (ВЭР) – топливо-энергетические ресурсы, полученные как отходы или побочные продукты (выбросы) производственного технологического процесса.

Вторичные ТЭР встречаются в виде теплоты различных параметров и топлива. К ВЭР относят: нагретые уходящие газы технологических агрегатов; газы и жидкости систем охлаждения; отработанный водяной пар;

сбросные воды; вентиляционные выбросы, теплота которых может быть полезно использована. К ВЭР в виде топлива относят: твердые и жидкие отходы, газообразные выбросы нефтеперерабатывающей, нефтедобывающей, химической, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности, городской мусор и т.п.

Первичная энергия – энергия, заключенная в ТЭР.

Полезная энергия – энергия, теоретически необходимая (в идеализированных условиях) для осуществления заданных операций, технологических процессов или выполнения работы и оказания услуг.

Примеры определения термина «полезная энергия»:

- в системах освещения – по световому потоку ламп;
- в силовых процессах: для двигательных процессов – по рабочему моменту на валу двигателя; для процессов прямого воздействия – по расходу энергии, необходимой в соответствии с теоретическим расчетом проведения заданных усилий;
- в электрохимических и электрофизических процессах – по расходу энергии, необходимой для проведения заданных условий;
- в термических процессах – по теоретическому расходу энергии на нагрев, кипение, плавку, испарение материала и проведение эндотермических реакций;
- в системах отопления, вентиляции, кондиционирования, горячего водоснабжения, холодоснабжения – по количеству теплоты, полученной потребителями или пользователями;
- в системах преобразования, хранения, транспортировки топливно-энергетических ресурсов – по количеству ресурсов, получаемых из этих систем.

Возобновляемые топливно-энергетические ресурсы – природные энергоносители, постоянно пополняемые в результате естественных (природных) процессов.

Возобновляемые ТЭР основаны на использовании:

- источников энергии: солнечного излучения, энергии ветра, рек, морей и океанов, внутренней теплоты Земли, воды, воздуха;
- энергии естественного движения воздуха, водных потоков и существующих в природе градиентов температур и разности плотностей;
- энергии биомассы, получаемой в качестве отходов растениеводства и животноводства, искусственных лесонасаждений и водорослей;
- энергии от утилизации отходов промышленного производства, твердых бытовых отходов и осадков сточных вод;
- энергии от сжигания растительной биомассы, термической переработки отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности.

Энергоустановка – комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенных для производства или преобразования, передачи, накопления, распределения или потребления энергии.

Рациональное или эффективное использование ТЭР – использование топливно-энергетических ресурсов, обеспечивающее достижение максимальной при существующем уровне развития техники и технологии эффективности с учетом ограниченности их запасов и соблюдения требований снижения техногенного воздействия на окружающую среду и других требований общества. Понятие «Рациональное использование ТЭР» является общим по сравнению с понятием «Экономное расходование ТЭР» и включает:

- выбор оптимальной структуры энергоносителей, т.е. оптимального количественного соотношения различных используемых видов энергоносителей в установке, на участке, в цехе, на предприятии, в регионе, отрасли, хозяйстве;
- комплексное использование топлива, его теплоты, в том числе и отходов продуктов сгорания топлива в качестве сырья для промышленности (например, использование золы и шлаков в строительстве);
- комплексное использование гидроресурсов рек и водоемов;

- учет возможности использования органического топлива (например нефти) в качестве ценного сырья для промышленности;
- комплексное исследование экспортно-импортных возможностей и других структурных оптимизаций.

Экономия ТЭР – сравнительное в сопоставлении с базовым, эталонным значением сокращение потребления ТЭР на производство продукции, выполнение работ и оказание услуг установленного качества без нарушения экологических и других ограничений в соответствии с требованиями общества.

Экономия ТЭР определяют через сравнительное сокращение расхода, а не потребления ТЭР, корреспондирующей с расходной частью топливно-энергетического баланса конкретным энергопотребляющим объектом (изделием, процессом, работой и услугами).

Эталонные значения расхода ТЭР устанавливаются в нормативных, технических, технологических, методических документах и утверждаются уполномоченным органом применительно к проверяемым условиям и результатам деятельности.

Непроизводительный расход ТЭР – потребление ТЭР, обусловленное несоблюдением или нарушением требований, установленных государственными стандартами, иными нормативными актами, нормативными и методическими документами.

Энергосбережение – реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) ТЭР и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

Показатель энергосбережения – качественная и (или) количественная характеристика проектируемых или реализуемых мер по энергосбережению.

Энергосберегающая политика – комплексное системное проведение на государственном уровне программы мер, направленных на создание необходимых условий организационного, материального, финансового и другого характера для рационального использования и экономного расходования ТЭР.

Энергетическое обследование – обследование потребителей ТЭР с целью установления показателей эффективности их использования и выработки экономически обоснованных мер по их повышению.

Топливо-энергетический баланс – система показателей, отражающая полное количественное соответствие между приходом и расходом (включая потери и остаток) ТЭР в хозяйстве в целом или на отдельных его участках (отрасль, регион, предприятие, цех, процесс, установка) за выбранный интервал времени.

Термин выражает полное количественное соответствие (равенство) за определенный интервал времени между расходом и приходом энергии и топлива всех видов в энергетическом хозяйстве. Топливо-энергетический баланс является статической характеристикой динамической системы энергетического хозяйства за определенный интервал времени. Оптимальная структура топливно-энергетического баланса является результатом оптимизационного развития энергетического хозяйства.

Топливо-энергетический баланс может состояться:

- по видам ТЭР (ресурсные балансы);

- по стадиям энергетического потока ТЭР (добыча, переработка, преобразование, транспортировка, хранение, использование);
- по единому или сводному топливно-энергетическому балансу всех видов энергии и ТЭР, и в целом по народному хозяйству;
- по энергетическим объектам (электростанции, котельные), отдельным предприятиям, цехам, участкам, энергоустановкам, агрегатам;
- по назначению (силовые процессы, тепловые, электрохимические, освещение, кондиционирование, средства связи и управления);
- по уровню использования (с выделением полезной энергии и потерь);
- в территориальном разрезе и по отраслям народного хозяйства.

При составлении топливно-энергетического баланса различные виды ТЭР приводят к одному количественному измерению. Процедура приведения к единообразию может производиться:

- по физическому эквиваленту энергии, заключенной в ТЭР, т.е. в соответствии с первым законом термодинамики;
- по относительной работоспособности (эксергии), т.е. в соответствии со вторым законом термодинамики;
- по количеству полезной энергии, которая может быть получена из указанных ТЭР в теоретическом плане для заданных условий.

Энергетический паспорт промышленного потребителя ТЭР – нормативный документ, отражающий баланс потребления и показатели эффективности использования ТЭР в процессе хозяйственной деятельности объектом производственного назначения и могущей содержать энергосберегающие мероприятия.

Энергетический паспорт гражданского здания – документ, содержащий геометрические, энергетические и теплотехнические характеристики зданий и проектов зданий, ограждающих конструкций и устанавливающий соответствие их требованиям нормативных документов.

Энергосберегающая технология – новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования ТЭР.

Сертификация энергопотребляющей продукции – подтверждение соответствия продукции нормативным, техническим, технологическим, методическим и иным документам в части потребления энергоресурсов топливо- и энергопотребляющим оборудованием.

Показатель энергетической эффективности – абсолютный, удельный или относительный параметр потребления или потерь энергетических ресурсов для продукции любого назначения или технологического процесса.

Коэффициент полезного использования энергии – отношение всей полезно используемой в хозяйстве (участке, энергоустановке и т.п.) энергии к суммарному количеству израсходованной энергии.

Коэффициент полезного действия – отношение полезной энергии к подведенной; параметр, характеризующий совершенство процесса превращения, преобразования или передачи энергии.

Потеря энергии – разность между количеством подведенной (первичной) и

потребляемой (полезной) энергии. Потери энергии классифицируются следующим образом:

а) по области возникновения: при добыче, хранении, транспортировке, переработке, преобразовании, при использовании и утилизации;

б) по физическому признаку и характеру:

- потери теплоты в окружающую среду с уходящими топочными газами, технологической продукцией, технологическими отходами, уносами материалов, химическим, механическим и физическим недожогом, охлаждающей водой;

- потери электроэнергии в трансформаторах, дросселях, электропроводах, электродах, линиях электропередач, энергоустановках;

- потери жидкостей и газов с утечками через неплотности;

- гидравлические потери напора при дросселировании и потери на трение при движении жидкости (пара, газа) по трубопроводам с учетом местных сопротивлений;

- механические потери на трение подвижных частей машин и механизмов;

в) по причинам возникновения:

- вследствие конструктивных недостатков,

- в результате неправильной эксплуатации агрегатов и не оптимально выбранного технологического режима работы;

- в результате брака продукции и по другим причинам.

Полная энергоемкость продукции – параметр расхода энергии и (или) топлива на изготовление продукции, включая расход на добычу, транспортировку, переработку полезных ископаемых и производство сырья, материалов, деталей с учетом коэффициента использования сырья и материалов.

Энергоемкость производства продукции – параметр потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы. Практически при производстве любого вида продукции расходуются ТЭР, и для каждого из видов продукции существует соответствующая энергоемкость технологических процессов их производства. При этом энергоемкость технологических процессов производства одних и тех же видов изделий, выпускаемых различными предприятиями, может быть различна.

Показатель экономичности энергопотребления изделием – количественная характеристика эксплуатационных свойств, отражающих техническое совершенство конструкции, качество изготовления, уровень или степень потребления энергии и (или) топлива при использовании этого изделия по прямому функциональному назначению.

Показатели экономичности энергопотребления индивидуальны для различных видов изделий. Они характеризуют совершенство конструкции данного вида изделия и качество его изготовления. В качестве показателей экономичности энергопотребления, как правило, следует выбирать удельные показатели.

Потребитель топливно-энергетических ресурсов – физическое или юридическое лицо, осуществляющее пользование топливом, электрической энергией.

Организация-энергоаудитор (энергоаудитор) – юридическое лицо осуществляющее энергетическое обследование потребителей ТЭР и имеющее лицензию на выполнение этих работ.

1.4 Нормативно-методическое обеспечение энергосбережения

Задачи энергосбережения определенные в Законе РФ «Об энергосбережении», предполагают реализацию правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов и вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии [54]. В стандарте ГОСТ Р 51387–99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение» реализованы требования:

- закона РФ «Об энергосбережении»;
- закона РФ «О стандартизации»;
- закона РФ «Об обеспечении единства измерений»;
- закона РФ «Об охране окружающей среды»;
- закона РФ «О лицензировании отдельных видов деятельности»;
- федеральной целевой программы «Энергосбережение России» (1998 – 2005 гг.), утвержденном постановлением Правительства РФ № 80 от 24.01.1998 (ФЦП «Энергосбережение России»);
- постановления Правительства РФ «Положение о Министерстве топлива и энергетики Российской Федерации» № 60 от 27.01.1996 (постановление № 60);
- постановления Правительства РФ № 1009 от 13.08.1997 «Правила подготовки нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти и их государственной регистрации»;
- постановления Правительства РФ № 938 от 12.08.1998 «О государственном энергетическом надзоре в Российской Федерации»;
- правил проведения энергетических обследований организаций, утвержденных Минтопэнерго РФ от 25.03.1998.

В поддержку мероприятий по обеспечению энергосбережения на федеральном и региональном уровнях принято несколько десятков нормативных актов, нормативных и методических документов.

Комплекс нормативных и методических документов по обеспечению энергосбережения приведен в ГОСТ Р 51387–99.

Основные нормативные правовые акты:

- закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» № 4871-1 от 27.04.1993;
- закон Российской Федерации «О сертификации продукции и услуг» № 5153-1 от 14.06.1993;
- закон Российской Федерации «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» № 41-ФЗ от 14.04.1995;
- закон Российской Федерации «Об энергосбережении» № 28-ФЗ от 3.04.1996;
- закон Российской Федерации «О стандартизации» № 5154-1 от 10.06.1996;
- закон Российской Федерации «О лицензировании отдельных видов деятельности» № 158-ФЗ от 25.09.1998;
- постановление Правительства Российской Федерации № 965 от 26.09.1995 «Положение о лицензировании в энергетике» РД 4.38.128–95;
- постановление Правительства Российской Федерации № 1006 от 13.10.1995 «Об

энергетической стратегии России»;

- постановление Правительства Российской Федерации № 1087 от 2.11.1995 «О неотложных мерах по энергосбережению».

Основное назначение ГОСТ Р 51387–99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение» – системно упорядочить активно развивающиеся процессы нормативно-методического обеспечения энергосбережения на федеральном, региональном (субъектов РФ), ведомственном и локальном уровнях с использованием принципов, учитывающих рыночные условия хозяйствования.

1.5 Основные направления энергосбережения

Энергосбережение в теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях необходимо сориентировать по нескольким основным направлениям:

в системах электроснабжения, в вопросах теплообмена, в теплогенерирующих установках, котельных и тепловых сетях, в теплотехнологиях, в зданиях и сооружениях, а также за счет использования вторичных ресурсов и альтернативных источников энергии.

Энергосбережение в системах электроснабжения включает системы освещения, электротехники и электроники, электрические сети, электрические машины и аппараты, системы электрохимзащиты оборудования и трубопроводов промышленных предприятий и объектов жилищнокоммунального хозяйства.

Энергосбережение в вопросах теплообмена базируется на законах теплопроводности, конвективного, лучистого и сложного теплообмена. Теплотехника – отрасль знаний, изучающая теорию и технические средства превращения энергии природных источников в тепловую, механическую и

электрическую энергии, а также теорию и средства использования теплоты для отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, технологических нужд промышленности и ЖКХ.

Энергосбережение затрагивает вопросы интенсификации теплопередачи в теплообменных аппаратах, стационарной и нестационарной теплопроводности при различных граничных условиях, при внутреннем тепловыделении и наличии фильтрации, теплообмена излучением между телами и в газах, при кипении и конденсации.

Изучение законов преобразования теплоты в другие виды энергии и теплообмена позволяют постигнуть основы работы различного рода тепловых, теплогенерирующих и теплотехнических установок, тепловых двигателей и нагнетателей.

Энергосбережение в теплогенерирующих установках затрагивает вопросы расчета паровых и водогрейных котельных агрегатов, электродных котлов, гелиоустановок, геотермальных установок, котлов-утилизаторов, теплонасосных установок. Разработка методик расчета теплогенерирующих установок (ТГУ), горения, теплового баланса, топочных камер, конвективных поверхностей нагрева, расхода топлива, позволяют выбрать наиболее экономичный и энергосберегающий вариант работы теплогенератора.

Классификация и устройство теплогенерирующих установок, обзор паровых, водогрейных, электродных котлов, гелиоустановок, вопросы эксплуатации котельных агрегатов, топочных устройств, оборудования водоподготовки, арматуры, контрольно-измерительных приборов и системы автоматики подробно описаны в монографиях.

Энергосбережение в производственных и отопительных котельных основывается на проектировании и расчете рациональных тепловых схем котельных для закрытых и открытых систем теплоснабжения, экономии энергоресурсов при работе паровых и водогрейных котельных установок, экономии и сбережения воды в котельной, использовании современных приборов регулирования, контроля, управления и экономии энергоресурсов при эксплуатации котельных.

Разработка методик и основных положений работы тепловых схем производственно-отопительных котельных, с паровыми и водогрейными котлами, расчета и подбора теплоэнергетического оборудования (теплообменников, насосов, тягодутьевых машин и др.), определения тепловых нагрузок и расхода топлива, позволяют выбрать наиболее экономичный и энергосберегающий вариант их работы. В монографиях подробно описаны тепловые схемы отопительных и производственно-отопительных котельных с паровыми и водогрейными котлами, приведены расчеты этих схем, что позволяет выбрать наиболее экономичный и энергосберегающий вариант их работы.

Энергосбережение в тепловых сетях касается вопросов повышения качества воды для систем теплоснабжения, использования современных теплообменников на тепловых пунктах, установки приборов расхода воды и учета теплоты, применения современных технологий тепловой изоляции, замены элеваторных узлов на смесительные установки с датчиками температуры и расхода.

В настоящее время следует экономически обосновать и договориться между производителями и потребителями тепловой энергии, администрациями и предприятиями о том, при какой тепловой мощности потребителей экономичнее применять централизованную или децентрализованную систему теплоснабжения.

Энергосбережение в теплотехнологиях охватывает разработку критериев энергетической оптимизации при производстве, передаче или сбережения тепловой энергии, баланса теплоты, интенсификации процессов теплопередачи, современных способов сжигания топлива, использования паротурбинных, газотурбинных, холодильных установок, тепловых насосов и тепловых трубок, эффективной тепловой изоляции, разработку методик расчета технико-экономических показателей. Реализация новых и коренная модернизация действующих тепло-технологических систем возможны на базе современных технологических, энергетических, научно-методических и организационных основ.

Энергосбережение в зданиях и сооружениях строится на сбережении теплоты в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Энергосбережение в зданиях и сооружениях включает в себя различные устройства: вентилируемых наружных стен, вентилируемых окон, трехслойного или теплоотражающего (в инфракрасном излучении) остекления, дополнительного утепления наружных ограждений, теплоизоляции стен за отопительным прибором, застекленных лоджий. Кроме того, для энергосбережения в зданиях и сооружениях возможно применение воздушного отопления от гелиоустановок, а также с использованием теплонасосных установок и энергии низкого потенциала (конденсата, воды, воздуха).

В промышленных зданиях и сооружениях в дополнении к этому возможно применение газовых инфракрасных излучателей, периодического режима отопления, локального обогрева рабочих площадок теплотой рециркуляционного воздуха из верхней

зоны помещения, прямое испарительное охлаждение воздуха, вращающихся регенеративных воздуховоздушных утилизаторов теплоты.

Энергосбережение за счет использования альтернативных (нетрадиционных и возобновляемых) источников энергии опирается на применении солнечных коллекторов и электростанций, тепловых насосов, гелиоустановок, фотоэлектрических и ветроэнергетических установок.

Энергосбережение за счет использования вторичных энергоресурсов (ВЭР) требует использования горючих, тепловых и ВЭР избыточного давления. Горючие – отходы технологических процессов термохимической переработки углеродистого сырья, горючие городские и сельскохозяйственные отходы. Тепловые – теплоносители, способные при определенных условиях выделять определенное количество теплоты. ВЭР избыточного давления – газы и жидкости, покидающие технологические аппараты под избыточным давлением и способные передать другому теплоносителю часть накопленной потенциальной энергии перед сбросом в окружающую среду.

2. ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1 Задание для практических занятий по расчету и оформлению энергетического паспорта здания

Цель работы: изучить нормативные документы, методику проведения энергоаудита жилых зданий и выполнить расчеты для подготовки энергетического паспорта здания.

Программа работы

1. Изучить рекомендуемую литературу и нормативные документы.
2. Изучить проектно-техническую документацию жилого дома (системы отопления и вентиляции)
3. Определить основные теплофизические параметры строительных конструкций
4. Выполнить расчеты по установлению теплового баланса здания и проверить на соответствия нормативным показателям по энергосбережению

Указания к выполнению задачи:

Одно-трех этажное общественное здание, реконструируемое в г. ... (задается индивидуально преподавателем – этажность, месторасположение: область край). Здание состоит из двух угловых торцевой секции. Общее назначение здания – культурно-зрелищное. Фундамент – ленточный, каменный. Стены кирпичные самонесущие, оштукатуренные. Окна с двойным остеклением в деревянных раздельно-спаренных переплетах. Крыша двухскатная, покрытая кровельной оцинкованной сталью. Чердак холодный. Цокольный этаж не отапливаемый, полы по грунту. Здание подключено к централизованной системе теплоснабжения имеет одно и двух трубную систему отопления с термостатами и без, с авторегулированием на вводе. Архитектурно-планировочные решения студент принимает аналогично приведенному выше.

2.1.1 Порядок проведения расчетов при проведении энергоаудита здания и оформления работы

Общая информация:

Адрес здания: –

Разработчик проекта – нет данных.

Адрес и телефон разработчика – нет данных.

Шифр проекта – нет данных.

Климатологические показатели принимаются на основании согласованного с преподавателем месторасположения объекта, привязанного к ближайшему городу в соответствии со СНиП.

Справочные материалы по климатологии, теплофизических параметров здания принимаются по следующим документам:

СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;

СНиП 23-01 –99** «Строительная климатология»;

СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»;

СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий»;
ТСН 23-340-2003 Санкт-Петербург «Нормативы по энергопотреблению и теплозащите»;

ГОСТ 30494-96 «Здания жилые общественные. Параметры микроклимата в помещениях»;

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;

СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям».

Расчетные условия

Расчетная температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Расчетная относительная влажность внутреннего воздуха из условия невыпадения конденсата на внутренних поверхностях наружных ограждений равна $\omega_{int} = 55\%$

Для расчета принято: $t_{int} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Расчетная температура наружного воздуха $t_{ext} = -26\text{ }^{\circ}\text{C}$

Для расчета принято: $t_{ext} = -26\text{ }^{\circ}\text{C}$

Расчетная температура теплого чердака $t_c = 14\text{ }^{\circ}\text{C}$

Для расчета принято: в данном примере теплый чердак отсутствует.

Расчетная температура «теплого» подвала $t_{\downarrow} = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Для расчета принято: в данном примере «теплый» подвал отсутствует.

Продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 220\text{ сут.}$

Для расчета принято: $z_{ht} = 220\text{ сут.}$

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{ht} = -1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$

Для расчета принято: $t_{ht} = -1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$

Градусо-сутки отопительного периода $D_d = 4796\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht},$$

Где $t_{int} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$,

$t_{ht} = -1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$,

$z_{ht} = 220\text{ сут.}$

Для расчета принято: $D_d = (20 + 1,8) \times 220 = 4796\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут.}$

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

Назначение – общественное

Размещение в застройке - отдельно-стоящее

Тип –многоэтажные

Конструктивное решение –кирпичное.

Геометрические показатели

Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания $A_e^{sum} = 4450\text{ м}^2$

Площадь стен, включающих окна, балконные и входные двери в здание, витражи, A_{w+F+ed} , м^2 , определяется по формуле

$$A_{w+F+ed} = p_{st} \cdot H_h + A_s = 3480\text{ м}^2$$

где $p_{st} = 165\text{ м}$;

$H_h = 20\text{ м}$;

$A_s = 180\text{ м}^2$

Площадь наружных стен A_w , м², определяется по формуле

$$A_w = A_{w+F+ed} - A_F = 2811 \text{ м}^2$$

где $A_F = 669 \text{ м}^2$

Площадь окон и балконных дверей $A_F = 646 \text{ м}^2$

Площадь входных дверей и ворот $A_{ed} = 23 \text{ м}^2$

Площадь чердачных перекрытий (холодного чердака) $A_c = 748 \text{ м}^2$

Площадь перекрытий над техподпольями $A_f = 891 \text{ м}^2$

Площадь пола по грунту $A_{fl} = 1178 \text{ м}^2$,

Общая площадь наружных ограждающих конструкций A_e^{sum} определяется по формуле

$$A_e^{sum} = A_{w+F+ed} + A_c + A_f = 2811 + 748 + 891 = 4450 \text{ м}^2$$

Площадь квартир $A_h = \text{нет}$

Полезная площадь (общественных зданий) $A_l = 3230 \text{ м}^2$

Площадь жилых помещений $A_l = \text{нет}$

Расчетная площадь (общественных зданий) $A_l = 2726 \text{ м}^2$

Отапливаемый объем здания

$$V_h = A_{st} \cdot H_h = 19413 \text{ м}^3,$$

где $A_{st} = 971 \text{ м}^2$

$H_{hi} = 20 \text{ м}$

Коэффициент остекленности фасадов здания $f = 0,18$

$$A_F / A_{w+F+ed} = 669 / 3480 = 0,19 < p^{req} = 0,25$$

Показатель компактности здания $k_e^{des} = 0,23$

$$k_e^{des} = A_e^{sum} / V_h = 4450 / 19413 = 0,23 < k_e^{req} = 0,3$$

где $A_e^{sum} = 4450 \text{ м}^2$,

$V_h = 19413 \text{ м}^3$

Результаты расчета геометрических показателей представлены в табл. 2.1

Теплоэнергетические показатели

Данный раздел включает теплотехнические и энергетические показатели.

Приведенное сопротивление теплопередачи наружных ограждений R^0 , м²·°C/Вт

Нормируемое сопротивление теплопередачи стен, покрытий и перекрытий над проездами, определяется:

$$R_{req} = a D_d + b,$$

где $D_d = 4796 \text{ °C} \cdot \text{сут}$

стен $a = 0,00035$ $b = 1,4$

$$R_{req} = a D_d + b = 0,00035 \cdot 4796 + 1,4 = 3,08$$

покрытий $a = 0,0005$ $b = 2,2$

$$R_{req} = a D_d + b = 0,0005 \cdot 4796 + 2,2 = 4,6$$

перекрытий $a = 0,00045$ $b = 1,9$

$$R_{req} = a D_d + b = 0,00045 \cdot 4796 + 1,9 = 4,06$$

Для окон, балконных дверей, $a = 0,000075$, $b = 0,15$;

$$R_{req} = a D_d + b = 0,000075 \cdot 4796 + 0,15 = 0,51$$

-стен $R_w = 3,513 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

-покрытий (совмещенных) $R_c = 4,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

-окон и балконных дверей $R_F = 0,51 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

Нормируемое сопротивление теплопередачи для входных дверей определяется

$$R_{\text{req}} = R_{\text{req}} \cdot 0,6$$

$$R_{\text{req}} = \frac{n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{\Delta t_n \alpha_{\text{int}}}$$

где $n = 1$;

$\Delta t_n = 4,5 \text{ °C}$;

$t_{\text{int}} = 20 \text{ °C}$;

$t_{\text{ext}} = -26 \text{ °C}$;

$\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$

Входных дверей и ворот

$$R_{ed} = 0,6 \cdot n \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) / \Delta t_n \cdot \alpha_{\text{int}} = 0,6 \cdot 1 \cdot (20+26) / 4,5 \cdot 8,7 = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче перекрытий:

-чердачных перекрытий (холодных чердаков)

$$R_c = 4,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

-перекрытий над неотапливаемыми подвалами или подпольями

$$R_f = 4,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче полов по грунту:

Для расчета принято:

-полов по грунту

$$R_f = 4,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания

$$K^{\text{tr}} = 0,601 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

$$K_m^{\text{tr}} = \beta (A_w/R_w^r + A_F/R_F^r + A_{ed}/R_{ed}^r + A_c/R_c^r + n_f A_f/R_f^r) / A_e^{\text{sum}},$$

где, $\beta = 1,13$

$n = 1$

$$n_f = (t_{\text{int}} - t_f) / (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) = (20 - 2) / (20 + 26) = 0,4$$

$$A_e^{\text{sum}} = 4450 \text{ м}^2$$

$$A_w = 2811 \text{ м}^2, R_w = 3,513 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

$$A_F = 646 \text{ м}^2, R_F = 0,51 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

$$A_{ed} = 23 \text{ м}^2, R_{ed} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

$$A_c = 748 \text{ м}^2, R_c = 4,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

$$A_f = 891 \text{ м}^2, R_f = 4,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

$$K^{\text{tr}} = 1,13(2811/3,513 + 646/0,51 + 23/0,8 + 748/4,06 + 0,4 \cdot 891/4,06) / 4450 = 0,601 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Таблица 2.1- Геометрические показатели здания

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5	6
12	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания в том числе:	A_e^{sum}, m^2	-	4450	
	стен	A_w, m^2	-	2811	
	окон и балконных дверей	A_F, m^2	-	646	
	витражей	A_F, m^2	-	-	
	фонарей	A_F, m^2	-	-	
	входных дверей и ворот	A_{ed}, m^2	-	23	
	покрытий (совмещенных)	A_c, m^2	-	-	
	чердачных перекрытий	A_c, m^2	-	748	
	(холодного чердака)	A_c, m^2	-	-	
	перекрытий теплых чердаков	A_l, m^2	-	891	
	перекрытий над тех подпольями	A_l, m^2	-	-	
	перекрытий над не отапливаемыми подвалами или подпольями	A_l, m^2	-	-	
	перекрытий над проездами и под эркерами	A_l, m^2	-	782	
13	пола по грунту	A_h, m^2	-	-	
14	Площадь квартир	A_l, m^2	-	3230	
15	Полезная площадь	A_l, m^2	-	-	
16	(общественных зданий)	A_l, m^2	-	2726	
17	Площадь жилых помещений	V_h, m^3	-	19413	
18	Расчетная площадь (общественных зданий)		-		
18	Отапливаемый объем (во внутренних габаритах)		$< 0,25$	0,19	
19	Коэффициент остекленности фасада здания	κ_e^{des}, m^2	$< 0,32$	0,23	
	Показатель компактности здания				

Кратность воздухообмена здания за отопительный период $n_a = 0,955 \text{ ч}^{-1}$

Для общественных зданий:

$$n_a = [(L_v \cdot n_v) / 168 + (G_{inl} \cdot k \cdot n_{inl}) / (168 \cdot \rho_a^{ht})] / (\beta_v \cdot V_h),$$

где $L_v = 6 \cdot 2726 \text{ м}^3/\text{ч}$;

$\beta_v = 0,85$;

$n_v = 112 \text{ ч}$;

$k = 0,7$;

$n_{inl} = 168$;

$V_h = 19413 \text{ м}^3$

$$\rho_a^{ht} = 353 / [273 + 0,5(t_{int} + t_{ext})] = 353 / [273 + 0,5(20+26)] = 1,19 \text{ кг/м}^3,$$

$$G_{inf} = 0,5 \cdot \beta_v \cdot V_h = 0,5 \cdot 0,85 \cdot 19413 = 8250,5 \text{ кг/ч}$$

Для расчета принято:

$$n_a = [(L_v \cdot n_v) / 168 + (G_{inl} \cdot k \cdot n_{inl}) / (168 \cdot \rho_a^{ht})] / (\beta_v \cdot V_h) =$$

$$= [(16356 \cdot 112) / 168 + (8250,5 \cdot 0,7 \cdot 168) / (168 \cdot 1,19)] / (0,85 \cdot 19413) = 0,955 \text{ ч}^{-1}.$$

Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции

$$K_m^{inf} = 0,909 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$K_m^{inf} = 0,28 \cdot c \cdot n_a \cdot \beta_v \cdot V_h \cdot \rho_a^{ht} \cdot k / A_e^{sum},$$

где $c = 1 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°C)}$

$$n_a = 0,955 \text{ ч}^{-1}$$

$$\beta_v = 0,85$$

$$V_h = 19413 \text{ м}^3$$

$$\rho_a^{ht} = 1,19 \text{ кг/м}^3$$

$$A_e^{sum} = 4450 \text{ м}^2$$

$$k = 0,7$$

$$K_m^{inf} = 0,28 \cdot 1 \cdot 0,955 \cdot 0,85 \cdot 19413 \cdot 1,19 \cdot 0,7 / 4450 = 0,909 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

Общий коэффициент теплопередачи здания

$$K_m = 1,51 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$K_m = K_m^{tr} + K_m^{inf}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)},$$

где $K_m^{tr} = 0,601 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$

$$K_m^{inf} = 0,909 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)},$$

$$K_m = 0,601 + 0,909 = 1,51 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

Энергетические показатели

Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период

$$Q_h = 2\,784\,389 \text{ МДж}$$

$$Q_h = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{sum}, \text{ МДж},$$

где $K_m = 1,51 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$,

$$D_d = 4796 \text{ °C} \cdot \text{сут},$$

$$A_e^{sum} = 4450 \text{ м}^2$$

$$Q_h = 0,0864 \cdot 1,51 \cdot 4796 \cdot 4450 = 2\,784\,389 \text{ МДж}$$

Удельные бытовые тепловыделения в здании $q_{int} = 12 \text{ Вт/м}^2$

Бытовые теплопоступления в здание за отопительный период

$$Q_{int} = 0,0864 \cdot q_{int} \cdot z_{ht} \cdot A_l, \text{ МДж},$$

где, $q_{int} = 12 \text{ Вт/м}^2$

$$z_{ht} = 220 \text{ сут}$$

$$A_l = 2726 \text{ м}^2$$

$$Q_{int} = 0,0864 \cdot 12 \cdot 220 \cdot 2726 = 621\,790 \text{ МДж}$$

Теплопоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период

$$Q_s = \tau_F \cdot k_F \cdot (A_{F1} \cdot I_1 + A_{F2} \cdot I_2 + A_{F3} \cdot I_3 + A_{F4} \cdot I_4) + \tau_{scy} \cdot k_{scy} \cdot A_{scy} \cdot I_{hor},$$

где $\tau_F = 0,5$

$\tau_{scy} = \text{нет}$

$$k_F = 0,7$$

k_{scy} = нет

$$A_{F1} = 323 \text{ м}^2$$

$$A_{F2} = 323 \text{ м}^2$$

$$Q_s = 0,5 \cdot 0,7 \cdot (455 \cdot 323 + 455 \cdot 323) = 102\,876 \text{ МДж}$$

Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период

$$Q_{h^y} = [Q_h - (Q_{int} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta] \cdot \beta_h, \text{ МДж},$$

где, $Q_h = 2\,784\,389 \text{ МДж}$,

$$Q_{int} = 621\,790 \text{ МДж},$$

$$Q_s = 102\,876 \text{ МДж},$$

$$v = 0,8$$

$$\zeta = 0,85$$

$$\beta_h = 1,13$$

$$Q_{h^y} = [2\,784\,389 - (621\,790 + 102\,876) \cdot 0,8 \cdot 0,85] \cdot 1,13 = 1\,582\,691 \text{ МДж}.$$

Коэффициенты

Расчетный коэффициент энергетической эффективности системы централизованного теплоснабжения здания от источника теплоты ε_0^{des} ,

В данном проекте здание подключено к существующей системе централизованного теплоснабжения, поэтому принимают $\varepsilon_0^{des} = 0,5$.

Расчетный коэффициент энергетической эффективности поквартирных и автономных систем централизованного теплоснабжения здания от источника теплоты ε_{des} = в данном проекте этих систем нет

Коэффициент эффективности авторегулирования ζ ,

$\zeta = 0,85$ - в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

Коэффициент учета встречного теплового потока $k = 0,7$

Коэффициент учета дополнительного теплопотребления $\beta_h = 1,13$

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot Q_{h^y} / (A_h \cdot D_d), \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут}),$$

где, $Q_{h^y} = 1\,582\,691 \text{ МДж}$

$$A_h = 3230 \text{ м}^2$$

$$D_d = 4\,796 \text{ °C} \cdot \text{сут}$$

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot 1\,582\,691 / (3230 \cdot 4\,796) = 102,17 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут})$$

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания

$$q_h^{des} = 76 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут})$$

Класс энергетической эффективности - «D» - низкий

В рассматриваемом проекте: расч. $q_h^{des} = 102,17 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут})$; норм. $q_h^{des} = 76,0 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут})$

Величина отклонения $(102,17 - 76/76) \cdot 100\% = 34\%$

Принимаем классы энергетической эффективности зданий класс «D» - низкий, желательна реконструкция здания.

Соответствует ли проект здания нормативному требованию « Да »
Дорабатывать ли проект здания « Нет

2.1.2 Пример теста, упрощенного расчета энергетических параметров помещения.

Обработка результатов обследования энергоэффективности здания проводится с использованием системы программирования GNU Octave – **Energopasport**.

```
//*****  
//*****Имя программы: Energopasport*****  
//*****Автор: *****  
//*****  
// Ввод исходных данных  
Tint=input('Расчетная температура внутреннего воздуха: ')  
Text=input('Расчетная температура наружного воздуха: ')  
Tc=input('Расчетная температура теплого чердака : ')  
T=input('Расчетная температура «теплого» подвала: ')  
Zht=input('Продолжительность отопительного периода : ')  
Tht=input('Средняя температура наружного воздуха за отопительный период : ')  
  
Dd=(Tint-Tht)*Zht//Градусо-сутки отопительного периода.  
disp(Dd, "Градусо-сутки отопительного периода [°C*сут.]")  
  
Pst=input('Периметр стены: ')  
Nh=input('Высота стены: ')  
As=input('Площадь: ')  
  
Awfed=Pst*Nh+As//Площадь стен, включающих окна, балконные и входные двери в  
здание, витражи  
disp(Awfed, "Площадь стен, включающих окна, балконные и входные двери в здание,  
витражи")  
  
AF=input('Площадь окон и балконных дверей: ')  
Aed=input('Площадь входных дверей и ворот: ')  
Ac=input('Площадь чердачных перекрытий (холодного чердака): ')  
Af=input('Площадь перекрытий над техподпольями: ')  
Af1=input('Площадь пола по грунту: ')  
  
AF1=AF+Aed//Площадь окон, балконных дверей, входных дверей и ворот.  
Aw=Awfed-AF1//Площадь наружных стен  
disp(Aw, "Площадь наружных стен")  
  
Aesum=Aw+Ac+Af  
disp(Aesum, "Общая площадь наружных ограждающих конструкций [м^2]")  
  
Ah=input('Площадь квартир:')  
Ak=input('Полезная площадь (общественных зданий):')  
Am=input('Площадь жилых помещений:')  
Al=input('Расчетная площадь (общественных зданий): ')  
Ast=971//  
Vh=Ast*Nh  
disp(Vh, "Отапливаемый объем здания:")  
  
//Теплотехнические показатели
```

$a1=0.00035;$
 $b1=1.4;$
 $a2=0.0005;$
 $b2=2.2;$
 $a3=0.00045;$
 $b3=1.9;$
 $a4=0.000075;$
 $b4=0.15;$
 $Rw=a1*Dd+b1$ //Нормируемое сопротивление теплопередачи стен
 $Rc=a2*Dd+b2$ //Нормируемое сопротивление теплопередачи покрытий
 $Rx=a3*Dd+b3$ //Нормируемое сопротивление теплопередачи перекрытий
 $Rf=a3*Dd+b3$ //Нормируемое сопротивление теплопередачи перекрытий
 $RF=a4*Dd+b4$ //Нормируемое сопротивление теплопередачи окон, балконных дверей.
 $n=1;$
 $Tn=4.5;$
 $alpha_{int}=8.7$ //Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций
 $Red=0.6*(n*(Tint-Text))/(Tn*alpha_{int})$ //Нормируемое сопротивление теплопередачи для входных дверей

$disp(Rw, "Нормируемое сопротивление теплопередачи стен:")$
 $disp(Rc, "Нормируемое сопротивление теплопередачи покрытий:")$
 $disp(Rx, "Нормируемое сопротивление теплопередачи перекрытий:")$
 $disp(RF, "Нормируемое сопротивление теплопередачи окон, балконных дверей:")$
 $disp(Red, "Нормируемое сопротивление теплопередачи для входных дверей:")$
 $disp(Rx, "Нормируемое сопротивление теплопередачи для чердачных перекрытий (холодных чердаков)")$
 $disp(Rf, "Нормируемое сопротивление теплопередачи для перекрытий над неотапливаемыми подвалами или подпольями")$

$b=1.13$ //Коэффициент учета дополнительного теплопотребления
 $nf=(Tint-T)/(Tint-Text)$

$K_{mtr}=b*(Aw/Rw+Af/RF+Aed/Red+Ac/Rx+nf*Af/Rf)/Aesum$ //Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания
 $disp(K_{mtr}, "Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания")$

$Lv=6*A1$ //
 $bv=0.85$ //
 $nv=112$ //
 $k=0.7$ //Коэффициент учета встречного теплового потока
 $n_{inf}=168$ //Коэффициент инфильтрации
 $pa_{ht}=353/(273 + 0.5*(Tint - Text))$
 $G_{inf} = 0.5*bv*Vh$
 $n_{in}=168$ //
 $na=((Lv*nv) / 168 + (G_{inf}*k*n_{in}) / (168*pa_{ht})) / (bv*Vh)$ //Кратность воздухообмена здания за отопительный период
 $disp(na, "Кратность воздухообмена здания за отопительный период ")$

$c=1$ //
 $na=0.955$ //

$K_{minf} = 0.28 * c * n_a * b_v * V_h * \rho_{air} * k / A_{esum}$ // Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции
disp(Kminf, "Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции")

$K_m = K_{mtr} + K_{minf}$ // Общий коэффициент теплопередачи здания
disp(Km, "Общий коэффициент теплопередачи здания")

// Энергетические показатели

$Q_h = 0.0864 * K_m * D_d * A_{esum}$ // Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период

disp(Qh, "Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период")

qint=12; // Удельные бытовые тепловыделения в здании

$Q_{int} = 0.0864 * q_{int} * Z_{ht} * A_l$

disp(Qint, "Бытовые теплоступления в здание за отопительный период ")

tF=0.5; //

kF=0.7; //

AF1 = 323; //

AF2 = 323; //

I1=455; //

I2=455; //

$Q_s = tF * kF * (AF1 * I1 + AF2 * I2)$ // Теплоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период

disp(Qs, "Теплоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период")

v=0.8; //

z=0.85; // Коэффициент эффективности авторегулирования (0.85 - в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе)

bh=1.13; //

$Q_{hy} = (Q_h - (Q_{int} + Q_s) * v * z) * bh$ // Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период

disp(Qhy, "Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период")

Содержание отчета по работе.

1. Краткое описание объекта исследования (теплофизические характеристики).
2. Основные компоновочные решения по теплозащите здания.
3. Текст адаптированной под задачу программы расчета основных показателей энергоэффективности здания
4. Распечатка файла с исходными данными и результаты расчета показателей энергоэффективности здания.
5. Выводы по работе о соответствии (не соответствии) уровня теплозащиты здания..

2.1.2 Пример оформления энергетического паспорта здания

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ЗДАНИЯ

Общая информация

Дата заполнения	<i>25 июня 2024 года</i>
Адрес здания Разработчик проекта Адрес и телефон разработчика Шифр проекта	<i>г. К... 18.0311-Р18-Эн</i>

Расчетные условия

№ п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	$^{\circ}\text{C}$	+ 20
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	$^{\circ}\text{C}$	- 26
3	Расчетная температура теплого чердака	t_c	$^{\circ}\text{C}$	-
4	Расчетная температура тех подполья	t_{\downarrow}	$^{\circ}\text{C}$	-
5	Продолжительность отопительного периода	Z_{ht}	сут	220
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ht}	$^{\circ}\text{C}$	- 1,8
7	Градусо-сутки отопительного периода	D_d	$^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	4796

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

8	Назначение	<i>Общественное</i>
9	Размещение в застройке	<i>Отдельно стоящее</i>
10	Тип	<i>Многоэтажные (реконструированное)</i>
11	Конструктивное решение	<i>Кирпичное</i>

Геометрические и теплотехнические показатели

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5	6
Геометрические показатели					
12	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания в том числе:	A_e^{sum}, m^2	-	4450	
	стен	A_w, m^2	-	2811	
	окон и балконных дверей	A_F, m^2	-	646	
	витражей	A_F, m^2	-	-	
	фонарей	A_F, m^2	-	-	
	входных дверей и ворот	A_{ed}, m^2	-	23	
	покрытий (совмещенных)	A_c, m^2	-	-	
	чердачных перекрытий (холодного чердака)	A_c, m^2	-	748	
	перекрытий теплых чердаков	A_c, m^2	-	-	
	перекрытий над тех подпольями	A_l, m^2	-	891	
	перекрытий над не отапливаемыми подвалами или подпольями	A_l, m^2	-	-	
	перекрытий над проездами и под эркерами	A_l, m^2	-	-	
	пола по грунту	A_l, m^2	-	782	
13	Площадь квартир	A_h, m^2	-	-	
14	Полезная площадь (общественных зданий)	A_l, m^2	-	3230	
15	Площадь жилых помещений	A_l, m^2	-	-	
16	Расчетная площадь (общественных зданий)	A_l, m^2	-	2726	
17	Отапливаемый объем (во внутренних габаритах)	V_h, m^3	-	19413	
18	Коэффициент остекленности фасада здания		$< 0,25$	0,19	
19	Показатель компактности здания	K_e^{des}, m^2	$< 0,32$	0,23	

Итоговые теплоэнергетические показатели					
№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5	6
Теплоэнергетические показатели					
20	Приведенное сопротивление теплопередачи ограждений:	R_{o}^r , м ² . °C/Вт			
	стен	R_w	3,08	3,513	
	окон и балконных дверей	R_F	0,51	0,51	
	витражей	R_F	-	-	
	фонарей	R_F	-	-	
	входных дверей и ворот	R_{ed}	0,81	0,80	
	покрытий (совмещенных)	R_c	-	-	
	чердачных перекрытий (холодных чердаков)	R_c	-	-	
	перекрытий теплых чердаков (включая покрытие)	R_c	-	-	
	перекрытий над тех подпольями	R_l	-	4,06	
	перекрытий над не отапливаемыми подвалами или подпольями	R_l	-	-	
	перекрытий над проездами и под эркерами	R_l	-	-	
	пола по грунту	R_l	4,06	4,06	
21	Приведенный коэффициент теплопередачи здания	K_m^{tr} , Вт/(м ² . °C)	-	0,601	
22	Кратность воздухообмена здания за отопительный период	n_a , ч ⁻¹	-	0,955	
	Кратность воздухообмена здания при испытании (при 50 Па)	n_{50} , ч ⁻¹	-	-	
23	Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции	K_m^{inl} , Вт/(м ² . °C)	-	0,909	
24	Общий коэффициент теплопередачи здания	K_m , Вт/(м ² . °C)	-	1,51	

Теплоэнергетические показатели					
№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5	6
Энергетические показатели					
25	Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период	Θ_h , МДж	-	2 784 389	
26	Удельные бытовые тепловыделения в здании	θ_{int} , Вт/м ²	не менее 10	12	
27	Бытовые тепlopоступления в здание за отопительный период	Θ_{int} , МДж	-	621 790	
28	Тепlopоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период	Θ_s , МДж	-	102 876	
29	Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период	Θ_h^y МДж	-	1 582 691	

Коэффициенты используемые для расчета

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя
30	Расчетный коэффициент энергетической эффективности системы централизованного теплоснабжения здания от источника теплоты	ϵ_o^{des}	0,5	
31	Расчетный коэффициент энергетической эффективности поквартирных и автономных систем централизованного теплоснабжения здания от источника теплоты	ϵ_{dec}	-	
32	Коэффициент эффективности авторегулирования	ζ	0,85	
33	Коэффициент учета встречного теплового потока	κ	0,7	
34	Коэффициент учета дополнительного теплопотребления	β_h	1,13	

Комплексные показатели

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя
35	Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания	θ_h^{des} , кДж/(м ² ·°С·сут)	-	102,17
36	Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания	θ_h^{re0} , кДж/(м ² ·°С·сут) кДж/(м ³ ·°С·сут)	76,0	
37	Класс энергетической эффективности	D	«Низкий»	
38	Соответствует ли проект здания нормативному требованию		Да	
39	Дорабатывать ли проект здания		Нет	
40	Указания по повышению энергетической эффективности: Рекомендуем реконструкцию			
41	Паспорт заполнен			
	Организация Адрес и телефон Ответственный исполнитель			

Контрольные вопросы

1. Цель проведения энергоаудита здания.
2. Отличие энергоаудита производственных(животноводческое помещение) и коммунально-бытовых зданий.
3. Нормируемое сопротивление теплопередачи для коммунально-бытовых потребителей в зоне Сибири().
4. Классы энергетической эффективности зданий.
5. Перечислите основные мероприятия направленные на повышение уровня энергоэффективности здания производственных и коммунально-бытовых зданий.
6. Основные направления энегосбережения в сельскохозяйственном производстве.

Литература

- 1.Теплотехнический расчет наружных ограждений произведен по нормативным требованиям СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
2. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»,
3. СП 23 –101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий»
- 4.СТО 00044807-001-2006 «Теплозащитные свойства ограждающих конструкций

зданий

2.2. Задание для контрольной работы по расчету энергосберегающей электрифицированной системы микроклимата

Цель работы: Рассчитать энергетические параметры тэлектрифицированной теплообменной системы вентиляции

План работы

1. Изучить рекомендуемую литературу и нормативные документы.
2. Освоить методику расчета теплообменной системы вентиляции с утилизацией теплоты вентвыбросов животноводческого помещения
3. Определить основные конструктивные параметры теплообменника-осушителя. Выполнить расчеты по установлению теплового баланса здания и проверить на соответствия нормативным показателям по энергосбережению.
4. Дать технико-экономическую оценку эффективности внедрения энергосберегающей электрифицированной системы микроклимата.

Краткие теоретические сведения.

Как показывают расчеты, Примерно 70-75% тепла, использованного для создания нормируемого микроклимата в животноводческих помещениях, удаляется вместе с отработанным вентиляционным воздухом. Внедрение энергосберегающих систем отопления и вентиляции на основе утилизаторов теплоты вентиляционных выбросов ферм позволит существенно снизить затраты на энергоноситель. Для расчета эффективности теплообменника необходимо определить конвективный тепловой поток - Q_{KB} - от внутреннего воздуха помещения на 1 м² поверхности теплообменника осушителя при условии, что температура поверхности t_{0C} равна 0 °С:

$$Q_{KB} = 0,132 (t_B - t_{0C}) * \lambda_B * (g * \beta (t_B - t_{0C}) / \nu^2)^{0,33}, \text{ Вт}$$

где λ_B – теплопроводность воздуха, Вт/м* °С;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

β – коэффициент объемного расширения;

ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха, м²/с.

По эмпирическому выражению $[\nu]$ можно рассчитать интенсивность конденсации паров влаги из внутреннего воздуха $Y_{КНД}$. Значения температуры и влажности внутреннего воздуха равны нормативным, а температура поверхности осушителя t_{0C} равна 0 °С:

$$Y_{КНД} = 2,2 * 10^{-6} ((t_B + t_{0C})/2 + 273)^{0,42} * ((t_B - t_{0C})/\nu^2)^{0,33} * (100(f_B * E_{t_B}^H - E_{t_{0C}}^H)/P)^{1,4}, \text{ кг/ч*м}^2$$

где $E_{t_B}^H$, $E_{t_{0C}}^H$ – упругость насыщенного пара при температурах t_B и t_{0C} , мм. рт. ст.;

P – атмосферное давление, мм. рт. ст.

Определив интенсивность конденсации паров воды на поверхности теплообменника и используя уравнение баланса влаги паров воды в животноводческом помещении, можно оценить эффективность использования теплообменника в качестве технического средства для удаления влаги из воздуха помещения.

Теоретические и экспериментальные исследования осушителя с цилиндрическими каналами показали, что эффективность его работы снижается по ходу движения

приточного воздуха. В начале канала за счет правильно заданных диаметра воздуховода и величины расхода приточного воздуха температура поверхности осушителя поддерживается равной нулю градусов. Далее вследствие тепломассобмена поток приточного воздуха нагревается, а параметры внутренней среды остаются практически постоянными по всей длине помещения, поэтому температура поверхности осушителя повышается. В соответствии с этим снижется интенсивность конденсации.

Для предотвращения подобной тенденции разработано, испытано устройство теплообменника-осушителя с конусными каналами. Действие устройства заключается в том, что снижение теплосъема потоком приточного воздуха с внутренней поверхности канала осушителя вследствие повышения температуры этого потока компенсируется увеличением его скорости из-за уменьшения сечения канала.

Указания к выполнению задачи по расчету энергосберегающей электрифицированной системы микроклимата

Задание на выполнение расчета: Студенты имеющие последнюю цифру в зачетной книжке выполняют расчет для следующих объектов;

1 -2 молочнотоварная ферма на 200 голов, размер 68*8*3.5м.

3–4молочнотоварная ферма на 180 голов, размеры 68*8*3.5 м.

7-8–молочнотоварная ферма на 100 голов),382*14*4.5 м, телятник -2 здания по 300 гол, 68*8*3.5.

9 – помещение для содержания молодняка крс с 6...12 месяцев на 340 голов, 42*18*3.5 м), помещение для выращивания молодняка с 12 до 18 месячного возраста, 280 голов,32*18*3.5.

0 –молочно-товарная ферма с привязным содержанием на 100 дойных коров, 40*18*3.5 м)

Студенты имеющие предпоследнюю последнюю цифру в зачетной книжке выполняют расчет для следующих регионов (параметры климата):

0 –Новосибирская область;

1...2-Алтайский край;

3...4- Кемеровская область;

5...6- Омская область;

7...8- Томская область;

9...0- Красноярский край;

Алгоритм расчета

1.Учитывая конструктивные особенности помещения, задаем начальные значения количества осушающих воздуховодов m , их входной диаметр d и длину L . По проектной документации или с помощью детального обследования помещения определяем теплотехнические характеристики ограждающих конструкций: это среднее термическое сопротивление R_0 и площадь внутренней поверхности ограждающих конструкций F . В соответствии с нормами технологического проектирования задаем нормативные значения температуры $t_{в}$ и влажности $f_{в}$ внутреннего воздуха и $t_{н}$, $f_{н}$ наружного воздуха. По справочникам и известным зависимостям определяем выделения углекислого газа K_{CO_2} , тепловыделения $Q_{ж}$ и влаговыделения $W_{ж}$ животных, теплотери на испарение влаги со смоченных поверхностей $Q_{исп}$. В соответствии с условием нормализации воздушной среды по углекислоте определяем минимальный объем вентиляции L_{CO_2} .

2. Определяем конвективный тепловой поток от внутреннего воздуха помещения Q_{KB} на 1 м^2 поверхности осушителя при условии, что температура поверхности t_{OC} равна $0 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$Q_{KB} = 0,132 (t_B - t_{OC}) * \lambda_B * (g * \beta (t_B - t_{OC}) / \nu^2)^{0,33}, \text{ Вт}$$

где λ_B – теплопроводность воздуха, Вт/м* $^\circ\text{C}$;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

β – коэффициент объемного расширения;

ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха, м²/с.

3. По эмпирическому выражению рассчитываем интенсивность конденсации паров влаги из внутреннего воздуха $Y_{КНД}$. Значения температуры и влажности внутреннего воздуха равны нормативным, а температура поверхности осушителя t_{OC} равна $0 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$Y_{КНД} = 2,2 * 10^{-6} ((t_B + t_{OC})/2 + 273)^{0,42} * ((t_B - t_{OC})/\nu^2)^{0,33} * (100(f_B * E^{h_{t_B}} - E^{h_{t_{OC}}})/P)^{1,4}, \text{ кг/ч*м}^2$$

где $E^{h_{t_B}}$, $E^{h_{t_{OC}}}$ – упругость насыщенного пара при температурах t_B и t_{OC} , мм. рт. ст.;

P – атмосферное давление, мм. рт. ст.

4. Определяем суммарный тепловой поток Q_{Σ} от внутренней среды на 1 м^2 поверхности осушителя:

$$Q_{\Sigma} = Q_{KB} + r * Y_{КНД}, \text{ Вт}$$

где r – теплота фазового перехода, Вт/кг.

5. Рассчитываем конечный диаметр каналов осушителя d_K , площадь поверхности осушителя S_{OC} и суммарное количество конденсата $W_{КНД}$:

$$d_K = d - 0,5 * L/100, \text{ м}$$

$$S_{OC} = m * L * \pi * (d + d_K)/2, \text{ м}^2;$$

$$W_{КНД} = S_{OC} * Y_{КНД}, \text{ кг/ч}$$

6. Определяем температуру базового режима работы теплообменника-осушителя t_B – это значение температуры наружного воздуха, до которого микроклимат в помещении обеспечивается за счет внутренних тепловыделений, а на поверхности осушителя обеспечивается режим получения максимальной интенсивности конденсации. При наружной температуре ниже t_B в работу включается нагреватель – доводчик, который подогревает поток приточного воздуха до температуры, равной t_B , и компенсирует дополнительные потери тепла через ограждающие конструкции. Если значение температуры наружного воздуха выше t_B , то оптимальный режим работы осушителя поддерживается за счет регулирования расхода приточного воздуха.

$$t_B = t_B - (Q_{ж} + r * Y_{КНД} - Q_{исп}) / (c * \gamma * L_{CO2} + F/R_0), \text{ }^\circ\text{C}$$

где c – теплоемкость воздуха, Вт/кг;

γ – плотность воздуха, кг/м³.

7. Уточняем величину входного диаметра канала осушителя:

$$d_H = ((0,018 * \lambda_B (t_{OC} - t_B) / Q_{\Sigma}) * (4 * L_{CO2} / m * \pi * \nu * 3600)^{0,8})^{0,55}, \text{ м}$$

Если значение входного диаметра d_H больше или меньше стартового значения d , то с помощью управляющей структуры организуются циклы по оптимизации входного диаметра осушающих воздуховодов. В случае, когда диаметр каналов осушителя получается таким, что размеры воздуховодов затрудняют выполнение технологических операций, изменяется значение количества каналов осушителя и расчет повторяется начиная с пункта 5.

8. Рассчитываем мощность нагревателя-доводчика:

$$Q_{ДВ} = (t_B - t_H) * F/R_0 + c * \gamma * L_{CO_2} * (t_B - t_H), \text{ Вт.}$$

Мощность нагревателя доводчика делится на две составляющие.: Это мощность, необходимая для компенсации возросших теплопотерь через ограждения при значениях температуры наружного воздуха ниже базовой, и мощность для подогрева потока приточного воздуха до значения базовой температуры.

9. Определяем объем приточного воздуха, необходимый для работы осушителя в оптимальном режиме при значении температуры наружного воздуха выше базовой:

$$L_{ПР} = m((Q_{\Sigma} * d_H * (d_H * \gamma * \pi * v * 0,09)^{0,8} / 0,018 * \lambda_B(t_{OC} - t_{ПР}))^{1,25} / \gamma, \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Задав шаг повышения температуры приточного воздуха, равным 1°C, получаем регулировочную характеристику изменения объема приточного воздуха при значениях наружной температуры выше базовой.

Представленная математическая модель функционирования системы микроклимата на базе теплообменника-осушителя с конденсационными каналами конусной формы реализована в виде готового программного продукта. Блок-схема имитационной модели показана на рисунке 2.2.1.

Текст программы для расчета параметров теплообменника-осушителя приведен ниже.

Студент вводит исходные показатели в соответствии с полученным заданием: расчетная температура наружного воздуха для систем вентиляции, удельные тепло и влаговыделения животных, геометрические размеры помещения, нормируемые параметры микроклимата помещения, теплофизические параметры воздуха и ограждающих конструкций.

При проведении экспериментальных исследований на имитационной модели **teplo_obmen**, входные параметры изменялись в следующих пределах:

- среднее термическое сопротивление ограждающих конструкций от 1 до 2,5 м² * °С/Вт;
- расчетная температура наружного воздуха от –20 до –40 °С.

На основании проведенных расчетов студент должен оценить кратность снижения максимальной установленной мощности электрокалориферов, объема потребления электроэнергии на обеспечение нормируемого микроклимата животноводческого помещения, температуру начала отопительного периода.

Расчет проводится для двух вариантов: с наличием теплообменника и без теплообменника. Во втором случае студент должен закомментировать строки программы связанные непосредственно с теплообменником –осушителем.

Полученные в результате эксперимента параметры конструктивных элементов теплообменника-осушителя и данные, позволяющие оптимизировать режимы работы оборудования системы, оформляются в виде таблицы (табл. 2.2.1) .

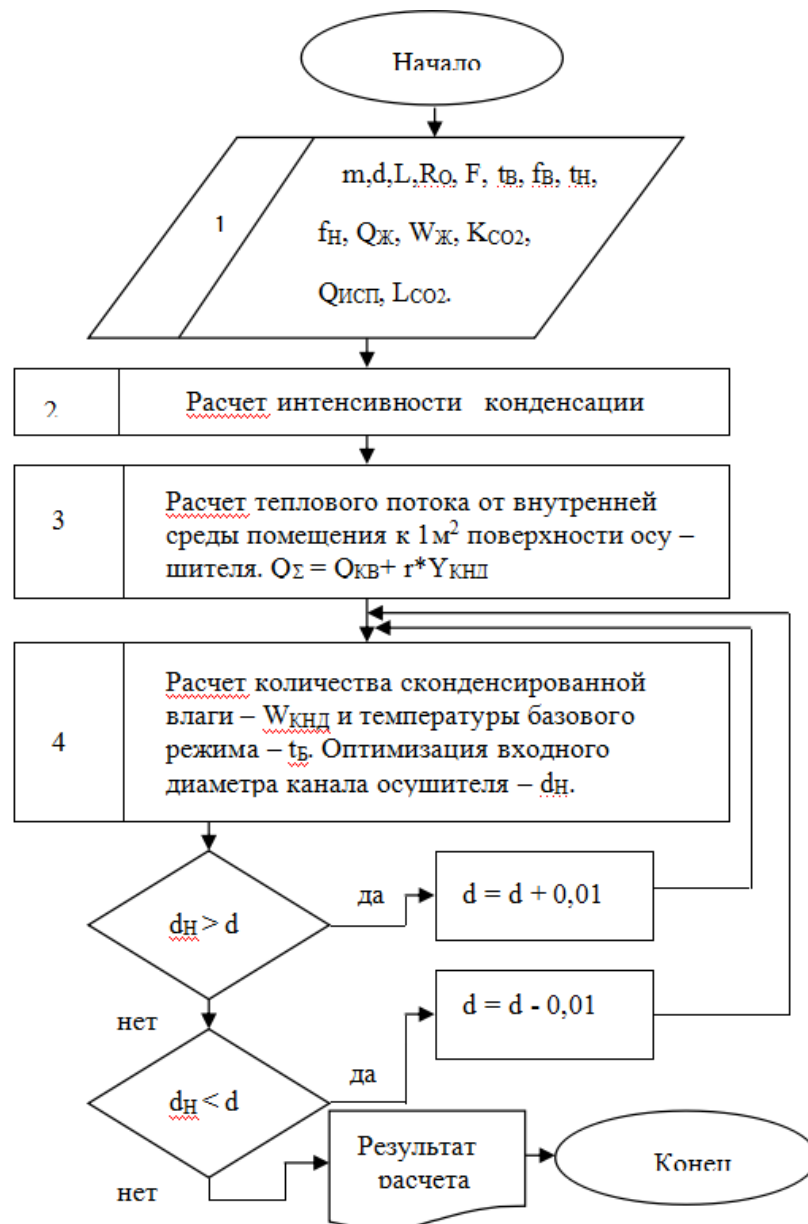


Рисунок 2.2.1 - Алгоритм расчета параметров теплообменника осушителя

Таблица 2.2.1 Результаты расчета теплообменника-осушителя

Расчетная температура наружного воздуха $t_H = -40\text{ }^\circ\text{C}$										
N, гол	$R_0 = 1\text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}$					$R_0 = 1,5\text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}$				
	m	d_H , м.	$W_{кнд}$, кг.	t_b , $^\circ\text{C}$.	$Q_{дв}$, кВт.	m	d_H , м.	$W_{кнд}$, кг.	t_b , $^\circ\text{C}$.	$Q_{дв}$, кВт.
25	2	0,31	0,8	-7,7	21,4	2	0,39	1,1	-11,5	15,8
50	4	0,34	1,6	-9	39,3	4	0,42	2,0	-12,8	29,1
100	4	0,49	4,2	-9,7	75,2	4	0,58	5,2	-13,6	55,7
100	6	0,43	3,9	-11	67,4	6	0,50	3,9	-14,4	51,7
200	6	0,6	8,1	-11,5	129	6	0,70	9,9	-15,2	97,3
Расчетная температура наружного воздуха $t_H = -20\text{ }^\circ\text{C}$										
$R_0 = 1\text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}$					$R_0 = 1,5\text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}$					
25	2	0,31	0,8	-7,7	8,1	2	0,39	1,1	-11,5	4,7
50	4	0,34	1,6	-9,0	13,9	4	0,42	2,0	-12,8	7,5
100	4	0,49	4,2	-9,7	25,5	4	0,58	5,2	-13,6	13,5
100	6	0,43	3,9	-11,0	20,9	6	0,50	3,9	-14,4	11,9
200	6	0,60	8,1	-11,5	38,3	6	0,70	9,9	-15,2	18,7
Расчетная температура наружного воздуха $t_H = -40\text{ }^\circ\text{C}$										
$R_0 = 2\text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}$					$R_0 = 2,5\text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}$					
25	2	0,44	1,2	-14,0	13,0	2	0,47	1,3	-15,8	11,3
50	4	0,46	2,3	-15,3	24,0	4	0,49	2,6	-17,1	20,9
100	4	0,64	5,8	-16,0	45,8	4	0,68	6,3	-18,0	40,0
100	6	0,54	4,2	-16,7	42,9	6	0,57	4,5	-18,7	37,8
200	6	0,76	10,8	-17,5	81,4	6	0,80	11,5	-19,1	72,0
Расчетная температура наружного воздуха $t_H = -30\text{ }^\circ\text{C}$										
$R_0 = 2\text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}$					$R_0 = 2,5\text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}$					
25	2	0,44	1,2	-14,0	2,0	2	0,47	1,3	-15,8	2,0
50	4	0,46	2,3	-15,3	2,6	4	0,49	2,6	-17,1	2,6
100	4	0,64	5,8	-16,0	3,6	4	0,68	6,3	-18,0	3,6
100	6	0,54	4,2	-16,7	3,0	6	0,57	4,5	-18,7	3,0
200	6	0,76	10,8	-17,5	2,9	6	0,80	11,5	-19,1	2,9

Программа для расчета параметров теплообменника осушителя

```
function teplo_obmen()
//*****
Ro = 1.5 % м**2 * C/Вт
F = 1123 % м**2
Tv = 10 % град
Tn = -30 % град
Q_ogr = (Tv-Tn)*F/Ro // Вт
delta_shag_dn = 0.01; // шаг изменения диаметра канала осушителя
//*****
// расчет тепло-влажновыделений животных
function teplo_wlaga()
Ng = 200 // голов
qg = 792 // Вт на голову
wg = 455 // г/ч Вт на голову
Qg=qg * Ng * 0.6 // Вт
```

```

Wg=wg * Ng * 0.6 // г/ч
// расчет влаговыделений со смоченных поверхностей
wotkr = 65 // г/ч*м**2
fotkr = 3.95 // м**2
wcm = 13 // г/ч*м**2
fcm = 279 // м**2
Wisр=wotkr * fotkr + wcm * fcm // г/ч
// суммарные влаговыделения помещения
Wrom = Wg + Wisр // г/ч
// теплотери на испарение влаги со смоченных поверхностей
r = 0.695 // Вт/г
Qisp = r * Wisр // Вт
// минимальный объем приточной вентиляции рассчитанный по углекислоте
CO2g = 142 // л/ч*гол
C1 = 2.5 // л/м**3
C2 = 0.3 // л/м**3
Lco2 = CO2g * Ng * 0.6 / (C1 - C2) // м**3/ч
// конвективный тепловой поток от внутреннего воздуха на 1 м**2
// поверхности осушителя
toc = 0 // гр.С - температура пов-ти канала осушителя
Lv = 0.0251 // Вт/м*гр.С - теплопроводность воздуха при t=10 гр.С
g = 9.81 // м/с**2 - ускорение свободного падения
tv = 10 // гр.С - температура внутреннего воздуха
BETA = 0.0035 // коэффициент объемного расширения
Y = 13.72*10^-6 // коэффициент кинематической вязкости воздуха
Qkv = 0.132*Lv*(tv - toc)*(g*(tv - toc)*BETA/Y^2)^0.33333 % Вт
// расчет интенсивности конденсации
P = 745 // атмосферное давление мм.рт.ст.
fv = 0.75 // влажность внутреннего воздуха
en_tv = 9.21 // парциальное давление вод. паров насыщ. воздуха мм.рт.ст
en_toc = 4.6 // то-же при t=toc
I_n = 2.2*10^-6*((tv+toc)/2+273)^0.42*((tv-toc)/Y^2)^0.33
I_kond = I_n*1000*((fv*en_tv - en_toc)*100/P)^1.4 // г/ч*м**2
// суммарный тепловой поток на 1 м**2 пов-ти канала осушителя
Q_sum = Qkv + r*I_kond % Вт/м**2
// расчет количества конденсата со всей поверхности осушителя

dn_kn = 0.50 // начальный диаметр канала осушителя, м.
d_n = 1.00

while( d_n > dn_kn )
    dn_kn = dn_kn + delta_shag_dn;
    m_kn = 6 // количество каналов осушителя, шт.
    L_kn = 60 // длина канала осушителя, м.
    dk_kn = dn_kn - 0.5*L_kn/100// конечный диаметр канала осушителя, м.
    S_kn = 3.14*L_kn*(dn_kn + dk_kn)/2 // площадь канала осушителя, м**2.
S_oc = S_kn * m_kn // площадь поверхности осушителя, м**2.
W_kond = S_oc * I_kond // суммарное количество конденсата г/ч
// расчет значения критической температуры наружного воздуха
Q_kond = W_kond * r // тепловой поток от конденсации паров влаги, Вт.
c = 0.28 // теплоемкость воздуха, Вт/кг
y_tv = 1.248 // плотность воздуха при tv = 10 гр.

```


$G_{co2} = L_{co2} * y_{tv}$ // расход приточного воздуха по углекислоте, кг/ч
 $t_{kr} = tv - (Qg + Q_{kond} - Q_{isp}) / (c * G_{co2} + F/Ro)$
 $y_{tkr} = 1.293 - 0.005 * t_{kr}$ // плотность воздуха при $t = t_{kr}$
 //требуемый расход приточного воздуха из условия нормализации влажности
 $g_{tkr} = 0.7$ // влагосодержание наружного воздуха при $t_n = t_{kr}$, г/кг
 $g_{tv} = 7.88 * fv$ // влагосодержание внутреннего воздуха, г/кг
 $G_w = (W_{prom} - W_{kond}) / (g_{tv} - g_{tkr})$ // кг/ч
 $L_w = G_w / y_{tkr}$ // м³/ч объем приточной вентиляции по влажности
 // уточняем начальный диаметр канала осушителя по условию $t_{pot} = t_{kr}$
 $Lv_{tkr} = 0.0244 + 0.00008 * t_{kr}$ //теплопроводность воздуха при $t = t_{kr}$, гр
 $v_{tkr} = 0.1328 + 0.0008 * t_{kr}$ // коэфф. кинемат-кой вязкости м²/ч
 $G_{kn} = G_{co2} / m_{kn}$ // расход воздуха через один канал осушителя, кг/ч

$SN = y_{tkr} * 3.14 * v_{tkr} * 0.36$
 $DR = 4 * G_{kn} / SN$
 $Re = DR^{0.8}$
 $SL = 0.018 * Lv_{tkr} * (t_{oc} - t_{kr})$
 $DR1 = SL / Q_{sum}$
 $RS = Re * DR1$
 $d_n = RS^{0.55}$

end

$Q_{dop} = (t_{kr} - T_n) * F/Ro + c * G_{co2} * (t_{kr} - T_n)$

```

fid14 = fopen('teplo_poteri_rez.m','w');
string_tim=clock % время расчета
fprintf(fid14,'%f\n',string_tim)
string_1 = ('Программа для расчета теплопотерь чз огражд. конструкции ')
fprintf(fid14,'%s\n',string_1)
fprintf(fid14,' d_n = %-8.3f Q_dop = %-5.2f t_kr = %-5.2f \n ',d_n,Q_dop, t_kr )
  
```

Содержание отчета

Отчет о выполнении лабораторной работы должен содержать: изложение цели работы, краткие теоретические сведения, исходные данные для расчета. Результаты расчета оформляются в виде таблиц. Выводах студент должен оценить эффективность работы теплообменника –осушителя в составе электрифицированной энергосберегающей системы обеспечения микроклимата животноводческого помещения.

Контрольные вопросы:

1. Принцип действия теплообменника-осушителя
2. Физические явления на поверхности теплообменника-осушителя.
3. Тепловой баланс животноводческого помещения.
4. Методика расчета относительной влажности в помещении.

Для чего устанавливают элетрокалориферы в энергосберегающей системе обеспечения микроклимата животноводческого помещения?

5. Как рассчитывается годовое потребления электроэнергии системы обеспечения нормируемого микроклимата.

6. Почему исполнение канала воздуховода принято коническим?

То такое относительная влажность воздуха в помещении.

7. За счет чего обеспечивается энергосбережения ?

Литература

1.Делягин, В.Н. Рациональное энергообеспечение сельскохозяйственного

производства Западной Сибири на электроэнергетической основе: метод. реком./ подг. В.Н. Делягин. Новосибирск. ВАСХНИЛ Сиб.отд-ние.– Новосибирск,1982. – 46 с.

2.Пчелкин, Ю.Н. Методические рекомендации по расчету теплопотребления на обеспечения микроклимата животноводческих помещений/ Ю.Н. Пчелкин. – Запорожье,1979. – 29 с.

3.Делягин, В.Н. Рекомендации по расчету, проектированию и применению систем электротеплоснабжения животноводческих ферм и комплексов: реком./ Делягин В.Н, Пирховка П.Я., Канакин Н.С., Расстригин Н.И [и др.]– М.: МСХ СССР, ВАСХНИЛ, Главсельстройпроект,1983.– 47 с.

4. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты в сельском хозяйстве. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1985. - 175с.

5. Гордеев А.С., Огородников Д.Д., Юдаев И.В. Энергосбережение в сельском хозяйстве: Учебное пособие/ А.С. Гордеев, Д.Д. Огородников, И.В Юдаев. – СПб.: Издательство "Лань", 2014, – 400 с.

6. Ануфриев Л.Н. и др. Теплофизические расчеты сельскохозяйственных производственных зданий/Ануфриев Л.Н., Кожинов И.А., Позин Г.М.- М., Стройиздат, 1974. – 215с.

7. Турушев В.А. Теплообменная блокирующая вентиляция животноводческих помещений/ Турушев В.А. – Улан-Удэ, Бурятское книжное издательство, 1985. – 70с.

8. Система обеспечения микроклимата животноводческих помещений на базе теплообменника-осушителя: метод. рекомендации/ ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. СИБИМЭ; разраб. В.И. Бочаров. - Новосибирск, 1990.-32с.

9. А.с. СССР, F24F7/06,3/147. Устройство для вентиляции животноводческого помещения/ В.И.Бочаров, В.Н.Соловьев, Г.И.Шаповалов (СССР).-№1681148; заявл. 08.08.88; опубл. 30.09.91, Бюл.№36.-2с.

10. Бродлик П.М., Кожинов И.А., Петров Н.Г. Пособие по расчету тепло- и массообмена при конденсации пара из влажного воздуха на внутренней поверхности наружных стен/ НИИСФ. – М.: 1967. – 153 с.

2.3 Система учета и управления потреблением энергоресурсов

Задание для практических занятий по изучению устройств учета и управления потреблением энергоресурсов

Цель работы: Изучить устройства, работу, эксплуатацию и обслуживания систем учета и управления потреблением энергоресурсов производственных предприятий.

Программа работы

1. Изучение нормативных документов по учету тепловой энергии потребителями.
2. Изучение первичных преобразователей – датчиков расхода теплоносителя, давления и температуры входящих в комплект узлов учета тепловой энергии.
3. Изучение правил монтажа элементов системы учета тепловой энергии.
4. Освоение программирования технологических контроллеров по учету тепловой энергии.
5. Изучения устройства систем телеизмерения теплофизических параметров режима потребления тепловой энергии.
6. Освоение документооборота при эксплуатации систем учета тепловой энергии.

Описание здания:

Структура учета и управления потреблением энергоресурсов. Особенности структуры и дополнительные требования предъявляемых в сельскохозяйственном производстве. Датчики расхода сред – вода, пар, газ, молоко, воздух и др., принцип действия работы, технические характеристики и правила монтажа.

Контроллеры системы учета и управления потреблением энергоресурсов. Программирование и монтаж. Поверка технических средств контроля и измерения параметров материалов и сред.

Изучение основ расходомерии материалов и сред в сельскохозяйственном производстве.

Правила аттестации узлов учета расхода материалов и сред. Поверка измерительных средств.

Энергетический паспорт предприятия и требование к его составлению. Энергоаудит предприятия, методы его проведения и техническое обеспечения измерений. Методика проведения энергоаудита и правилами оформления энергетического паспорта предприятия.

Порядок выполнения и оформления работы:

- изучение проектно-эксплуатационной документации по узлам учета тепловой энергии НГАУ;
- изучение технической базы установленных систем учета тепловой энергии;
- приобретение навыков программирования технологических контроллеров по учету и управлению потреблением тепловой энергии.

Общие сведения по системам учета и управления потреблением тепловой энергии

Установка узла учета потребления теплоносителя выгодна при:

- систематическом несоблюдении поставщиком утвержденного графика теплоснабжения, (недотопах);

-неэффективном потреблении тепловой энергии, потребителем, (температура обратной воды, возвращаемой поставщику, превышает установленную утвержденным графиком теплоснабжения);

-высоких потерях тепловой энергии, при транспортировке до потребителя, (плохая или отсутствующая теплоизоляция трубопроводов);

-большое количество потребителей теплоносителя на данном трубопроводе;

-малые расходы теплоносителя на ГВС при большом условном диаметре трубопровода ГВС.

Целью установки узлов коммерческого учета расхода тепла у потребителей является снижение денежных затрат потребителей.

Установка приборов учета сама по себе не приводит к снижению затрат. Снижение затрат осуществляется благодаря экономии энергоресурсов, которая обеспечивается внедрением энергосберегающих мероприятий:

- ликвидацией неэффективных малоиспользуемых приемников тепла;
- утеплением и устранением разгерметизации, отапливаемых зданий;
- ликвидацией непроизводительных потерь энергии;
- автоматическим регулированием теплоснабжения и др.

Эти мероприятия осуществляются на основании данных, предоставляемых узлом учета.

Группы учета тепловой энергии.

Потребители, тепловой энергии, в зависимости от принятой в них согласно правилам учета тепловой энергии системы коммерческого учета делятся на 3 группы учета.

1. Потребители первой группы учета платят по показаниям теплосчетчиков за физически потребленное тепло. Поэтому, денежная экономия и энергосберегающий эффект от внедренных мероприятий, могут быть, выявлены наиболее полно.

2. Потребители второй группы учета, платят за тепло, которое рассчитывается по физическому количеству теплоносителя (по показаниям водосчетчиков), помноженному на разность усредненных, за расчетный период температур воды в подающем и обратном трубопроводах, измеренных на источнике тепла. Такой метод расчета, хотя и требует меньше затрат на приборы, однако является менее точным. При этом отсутствие измерения фактического теплоснабжения в большинстве случаев не стимулирует потребителей данной группы к энергосбережению на своих объектах.

3. Потребители третьей группы учета платят за тепло, рассчитываемое исходя из теплового баланса всей системы теплоснабжения или по согласованию с ТСО по их расчетной тепловой нагрузке.

При полном отсутствии затрат на приборы учета этот метод расчета является наименее точным и в большинстве случаев обуславливает существенное увеличение затрат на тепло по сравнению с методами расчета для первой и второй групп. Прежде всего, это связано с завышенным договорным значением расчетной тепловой нагрузки по сравнению с реальным ее значением. Кроме того, полностью исключены какие-либо стимулирующие факторы для внедрения энергосберегающих мероприятий. Поэтому третья группа учета рекомендуется, как правило, как временная.

Учет потребления теплоносителя.

С целью обеспечения взаимозачетом между поставщиком и потребителем тепловой энергии за предоставленные услуги по теплоснабжению необходимо постоянно контролировать качественные и количественные характеристики теплоносителя. Сбор, хранение и, при необходимости, передача данных о расходовании теплоносителя потребителем осуществляется с применением технических средств коммерческого учета тепла.

Определения и термины используемые при выполнении работ по энергоучету.

Узел учета потребления тепла.

Общая схема установки приборов и устройств, которые обеспечивают измерение и учет тепловой энергии, объема (массы) потребляемого теплоносителя, а также контроль, регистрацию, хранение и передачу измерительных параметров представлена на рис. 2.1–2.3.

Узел учета включает в себя также схемы питания приборов и устройств, кабельные линии, щитовое оборудование и коммутационную аппаратуру, запорную арматуру и участки трубопроводов, оказывающих влияние на метрологические характеристики (точность измерения) приборов учета.

Тепловой пункт.

Комплекс устройств, расположенный в обособленном помещении, состоящий из элементов тепловых энергоустановок, обеспечивающих присоединение этих установок к тепловой сети, их работоспособность, управление режимами теплоснабжения, трансформацию, регулирование и учет параметров теплоносителя.

Виды тепловых пунктов:

Индивидуальный тепловой пункт используется для обслуживания одного потребителя (здания или его части). Как правило располагается в подвальном или техническом помещении здания.

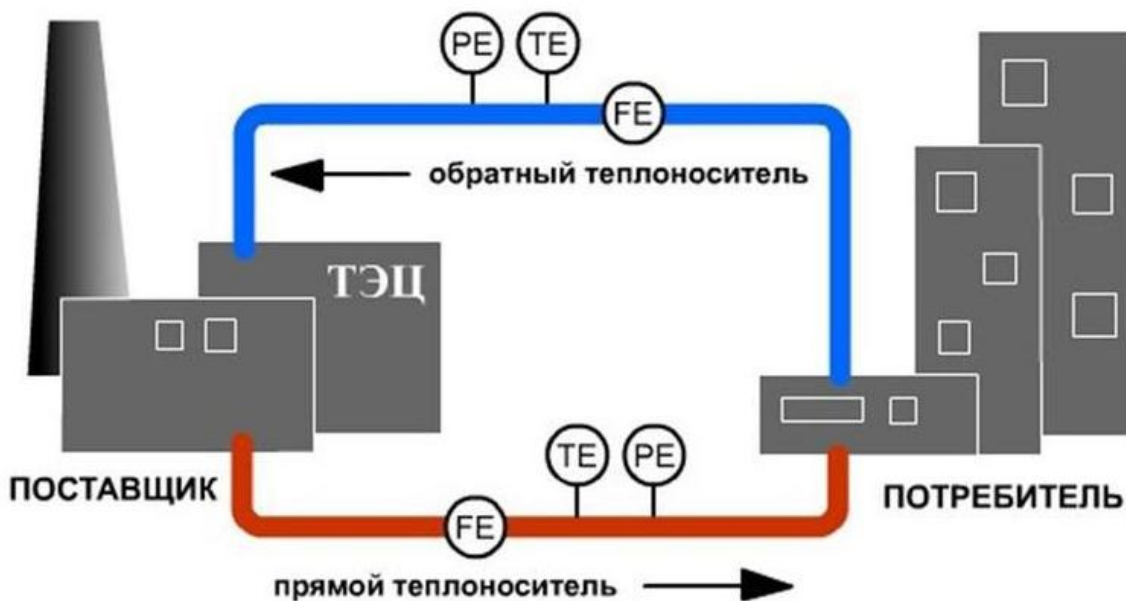


Рисунок 2.1-Общая схема системы потребитель-поставщик тепловой энергии (FE-датчики расхода теплоносителя, TE-датчики температуры)

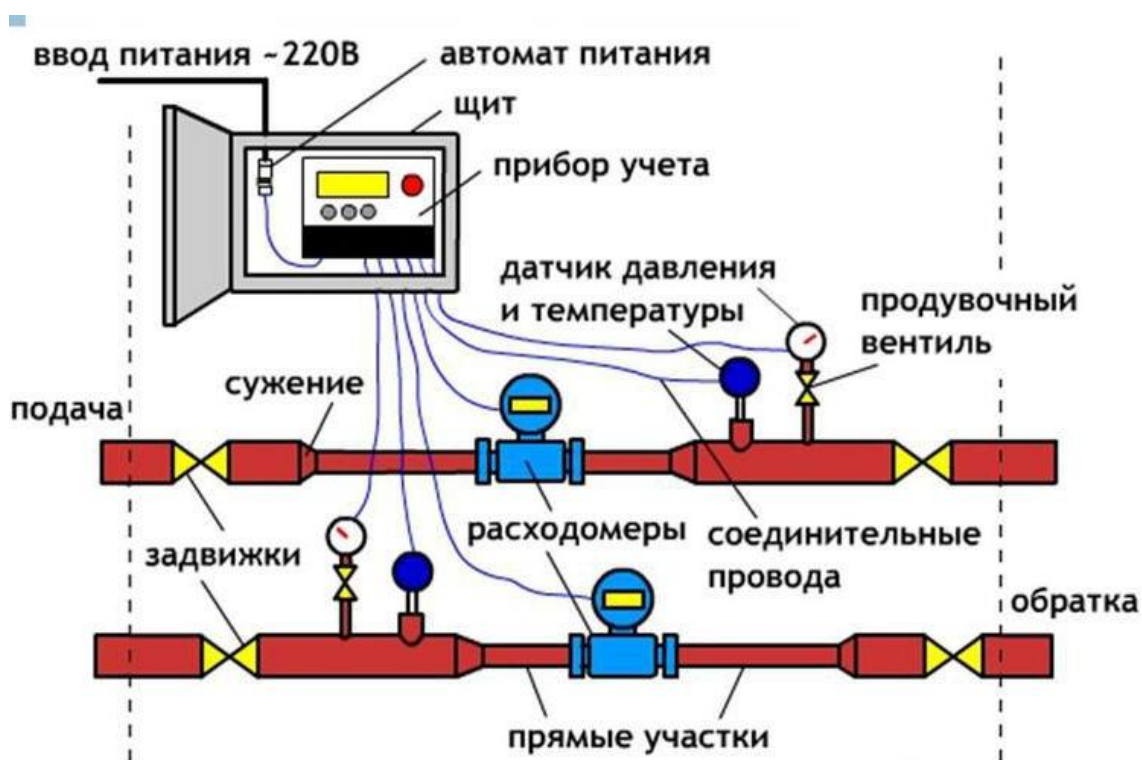


Рисунок 2.2- Монтажная схема узла учета потребления тепловой энергии

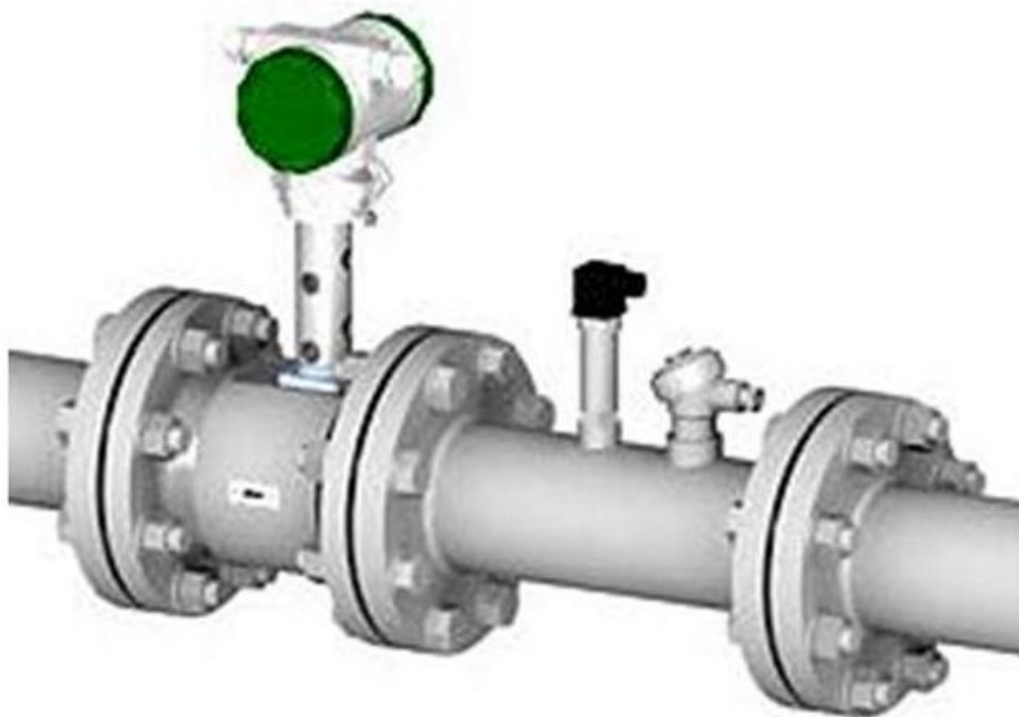


Рисунок 2.3- Пример монтажа измерительных приборов на трубопроводе

Центральный тепловой пункт используется для обслуживания группы потребителей (зданий или объектов). Чаще всего располагается в отдельно стоящем сооружении.

Блочный тепловой пункт изготавливается в заводских условиях, и поставляется на место, последующей эксплуатации, собранным в виде одного или, нескольких блоков. Чаще всего, используется совместно с модульной котельной установкой.

Классификация систем теплоснабжения потребителей представлена на рис. 2.4.

Расчетные схемы (алгоритм) для определения потребленной тепловой энергии для различных систем теплоснабжения представлены на рис. 2.5.

Регламентирующие документы по выполнению работ по энергоучету.

1. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя (1995г.).
2. Федеральный закон от 27 июля 2010 года № 190-ФЗ "О теплоснабжении".
3. Правила эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей потребителей (утв. Госэнергонадзором РФ 7 мая 1992 г.).
4. ПБ 10-573-03. Правила устройства и безопасности эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды.
5. СНИП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация здания.
6. Методика определения количества тепловой энергии и теплоносителя в водяных системах коммунального теплоснабжения МДС 41-4.2000(утв. приказом Госстроя РФ от 6 мая 2000 г. № 105).

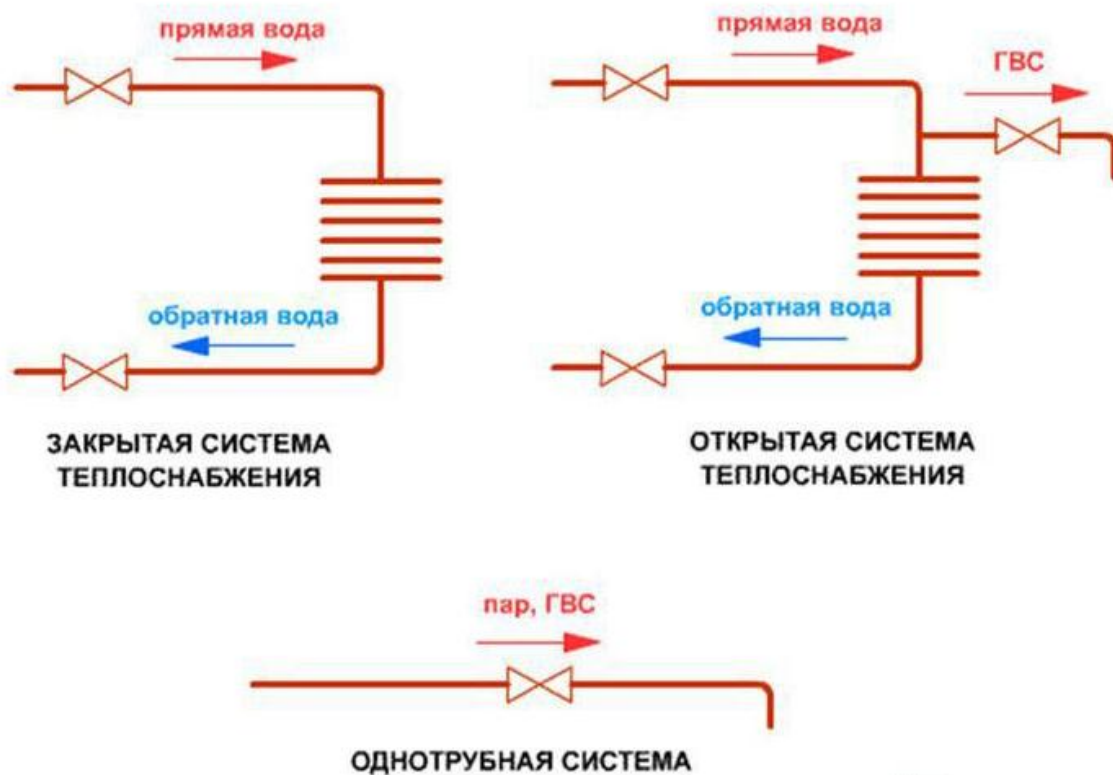


Рисунок 2.4- Классификация систем теплоснабжения потребителей

№	Схема потребления	Расчетные формулы
0		$V1=C1 \cdot N1; V2=C2 \cdot N2$ $\Delta t=t1-t2$ $M1=\rho1 \cdot V1; M2=\rho2 \cdot V2; M3=M1-M2$ $Q=M1 \cdot (h1-h2)+(M1-M2) \cdot (h2-hx)$ $Qr=M3 \cdot (h3-hx)$
1		$V1=C1 \cdot N1; V2=C2 \cdot N2; V3=C3 \cdot N3$ $\Delta t=t1-t2$ $M1=\rho1 \cdot V1; M2=\rho2 \cdot V2; M3=\rho3 \cdot V3$ $Q=M1 \cdot (h1-h2)+M3 \cdot (h2-hx)$ $Qr=M3 \cdot (h3-hx)$
2		$V1=C1 \cdot N1; V2=C2 \cdot N2; V3=C3 \cdot N3$ $\Delta t=t1-t2$ $M1=\rho1 \cdot V1; M2=\rho2 \cdot V2$ $M3=M1-M2+\rho2 \cdot V3$ $Q=M1 \cdot (h1-h2)+M3 \cdot (h2-hx)$

№	Схема потребления	Расчетные формулы
8		$V1=C1 \cdot N1; V2=C2 \cdot N2; V3=C3 \cdot N3$ $\Delta t=t1-t2$ $M1=\rho1 \cdot V1; M2=\rho2 \cdot V2; M3=\rho3 \cdot V3$ $Q=M1 \cdot (h1-h2)+(M1-M2) \cdot (h2-hx)+$ $+M3 \cdot (h3-hx)$ $Qr=M3 \cdot (h3-hx)$
9		$V1=C1 \cdot N1; V2=C2 \cdot N2; V3=C3 \cdot N3$
10		$V2=C2 \cdot N2; V3=C3 \cdot N3$ $\Delta t=t1-t2$ $M2=\rho2 \cdot V2; M1=M2; M3=\rho3 \cdot V3$ $Q=M1 \cdot (h1-h2)+M3 \cdot (h2-hx)$ $Qr=M3 \cdot (h3-hx)$

Рисунок 2.5- Алгоритмы расчета количества потребленной тепловой энергии

Порядок проведения мероприятий по установке узла учета.

Получение технических условий на монтаж узла учета в энергоснабжающей организации.

Разработка проектно-сметной документации на установку узла учета тепловой энергии.

Согласование проектной документации на узел учета тепловой энергии в энергоснабжающей организации.

Комплектация узла учета тепловой энергии, требуемой оборудованием.

Монтажные, электромонтажные и пуско-наладочные работы.

Пробная эксплуатация узла учета в течение 72 часов.

Сдача узла учета потребления тепловой энергии в эксплуатацию, подписание акта.

Вместо проектной документации для монтажа и эксплуатации приборов учета теплоэнергии в некоторых случаях **достаточно исполнительной схемы**.

Исполнительная схема заверяется Потребителем и энергоснабжающей организацией для получения юридического статуса. Согласование и заверение, исполнительной схемы (в отличие от проектной документации) происходит бесплатно.

Монтаж оборудования осуществляется в соответствии с требованиями предприятий, изготовителей, изложенными в инструкциях по монтажу и эксплуатации.

После приемки в эксплуатацию вопросы, связанные с монтажом, не имеют юридического смысла, так как данный монтаж узаконен Актом приемки.

Для энергоснабжающей организации необходимы сведения:

- место установки на объекте (учет всей нагрузки Потребителя);
- способы контроля исправности приборов в период эксплуатации (отсюда требование, установки двух расходомеров в "закрытой" системе отопления);
- размер измерительных (прямых) участков;
- нижний и верхний предел измерений применяемых расходомеров.

Измеряемые параметры теплоносителя

Температура прямого и обратного теплоносителя.

Давление прямого и обратного теплоносителя.

Объемный расход прямого и обратного теплоносителя.

Температура и давление холодного источника.

Вычисляемые параметры теплоносителя

Энтальпия прямого и обратного теплоносителя.

Массовый расход прямого и обратного теплоносителя.

Тепловая мощность прямого и обратного теплоносителя

Вычисляемые параметры теплоносителя

Энтальпия теплоносителя

$$h \text{ [ккал/кг]} = C_p \text{ [ккал/кг]} * t \text{ [гр.С]}$$

Массовый расход теплоносителя

$$G \text{ [т/ч]} = \rho \text{ [кг/м}^3\text{]} * V \text{ [м}^3\text{]} * 10^{-3}$$

Тепловая мощность теплоносителя

$$Q \text{ [Гкал/ч]} = G \text{ [т/ч]} * h \text{ [ккал/кг]} / 1000$$

Требования к метрологическим характеристикам приборов учета.

Теплосчетчики должны обеспечивать измерение тепловой энергии горячей воды с относительной погрешностью не более:

+ - 5% при разности температур в подающем и обратном трубопроводах от 10 до 20 гр.С

+ - 4% при разности температур в подающем и обратном трубопроводах более 20 гр.С

Теплосчетчики должны обеспечивать измерение тепловой энергии пара с относительной погрешностью не более:

+ - 5% в диапазоне расхода пара от 10 до 30%

+ - 4% в диапазоне расхода пара от 30 до 100%

Водосчетчики должны обеспечивать измерение массы (объема) теплоносителя с относительной погрешностью не более + - 2%

в диапазоне расхода воды и конденсата от 4 до 100%.

Счетчики пара должны обеспечивать измерение массы теплоносителя с относительной погрешностью не более $\pm 3\%$ в диапазоне расхода пара от 10% до 100%.

Для прибора учета, регистрирующего температуру теплоносителя, абсолютная погрешность, измерения температуры, t , гр.С, не должна превышать значения, определяемых по формуле:

$$\Delta t = \pm (0,6 + 0,004 * t), ^\circ\text{C}$$

Приборы учета, регистрирующие давление теплоносителя, должны обеспечивать измерение давления с относительной погрешностью не более 2%.

Медными ТС чаще всего измеряют температуру воды, платиновыми – температуру пара.

На узлах учета, как правило, применяют комплекты датчиков термосопротивлений – пары ТС с идентичными градуировочными характеристиками. Достаточно жесткие правила монтажа термометров сопротивления на узлах учета (рис. 2.6)



Рисунок 2.6- Примеры исполнения датчиков температуры теплоносителя
Пример монтажа датчика температуры представлен на рис. 2.7.



Рисунок 2.7-Монтаж термометра сопротивления на трубопроводе

Датчики давления используемые на узлах учета используются как показывающие (обыкновенный манометр для визуального контроля давления) так и электронные с токовым (как правило на 4-20 мА).

На паропроводах в целях безопасности дополнительно устанавливают стеклянные ртутные термометры в защитной арматуре (рис. 2.8), защищающей от механических повреждений. Для защиты термометра сопротивления от воздействия скоростного напора потока жидкости или пара их монтируют в трубопровод с применением защитных гильз. В гильзу наливается масло.



Рисунок 2.8- Защитные гильзы используемые при монтаже термометра сопротивления на трубопроводе

Датчики термосопротивления могут подключаться по двух, трех и четырехпроводной схеме (рис. 2.9). Недостатком двухпроводной схемы является отсутствие компенсации сопротивления соединительных проводов, что дополнительно вносит погрешность в измерение температуры. При трехпроводной схеме не компенсируется сопротивление только одного провода-вносимая погрешность в два раза ниже, чем у двухпроводной схемы. Четырехпроводная схема полностью компенсирует дополнительную погрешность.

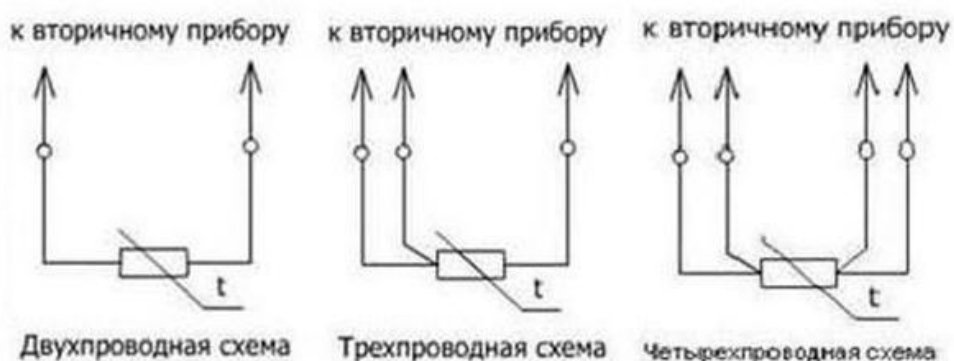


Рисунок 2.9- Схемы подключения термосопротивления

Для измерения давления среды применяют датчики избыточного давления с токовым выходом (рис. 2.10). Чаще всего используется датчики давления с фиксированным диапазоном измерения (однопредельные).

Датчики давления присоединяют к трубопроводу посредством отбора давления с вентильным блоком. Вентильный блок служит для продувки и отсоединения датчика

давления от процесса. Отбор давления, отбор давления, имеющего изогнутую форму выполняет демпфирующую функцию, сглаживая пульсации давления.



Рисунок 7.10 –Примеры исполнения датчиков давления

При измерении давления пара рекомендуется использовать датчики давления с охладителем -радиатором для защиты электроники от перегрева. При монтаже датчика давления ниже места отбора необходимо учитывать что столб жидкости в импульсной трубе внесет погрешность в измерение.

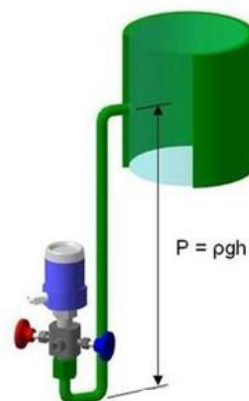


Рисунок 2.11 – Монтаж датчиков давления на паропроводах

Датчики давления, используемые на узлах учета используются как показывающие (обыкновенный манометр для визуального контроля давления) так и электронные с токовым (как правило на 4-20 мА).

Наиболее технически сложным устройством на узле учета тепловой энергии является расходомер – прибор для определения массового или объемного расхода теплоносителя.

Основные типы применяемых расходомеров:

- тахометрические (крыльчатые, турбинные);
- вихревые;
- ультразвуковые;

- переменного перепада давления (диафрагмы, сопла Вентури);
 Каждый тип расходомера имеет свою область использования (рис 2.12)

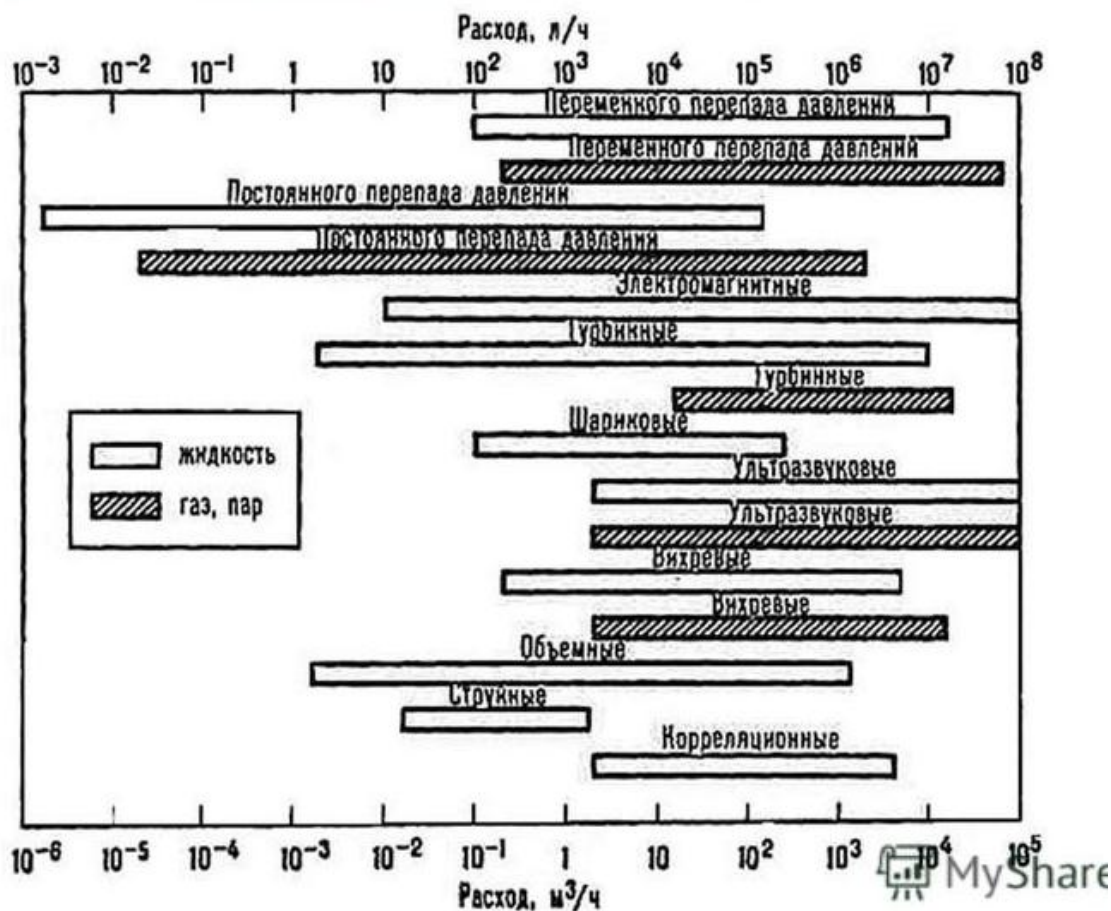


Рисунок 2.12- Области использования различных типов расходомеров

Крыльчатые расходомеры служат для измерения небольших расходов. Турбинные расходомеры служат для измерения больших расходов. Основой конструкции является крыльчатое колесо или турбина, которые вращаются протекающим потоком жидкости. Количество оборотов считывается счетным механизмом.

Для расширения динамического диапазона измерений используют тахометрические расходомеры с автоматическим переключением.

Достоинства: простота конструкции, низкая стоимость, не требуют электропитания, регистрация суммарного расхода, достаточно широкий диапазон измерений (1:50). Не требуют протяженных прямых участков.

Недостатки: потери напора, чувствителен к гидроударам, восприимчив к вязким и твердым загрязнениям среды, невозможность отображения расхода, только числоимпульсный выход.

В настоящее время существенное распространение получили ультразвуковые (большие диаметры трубопроводов) и электромагнитные типы расходомеров (рис. 2.14-2.16).



Рисунок 2.14- Ультразвуковой расходомер

Принцип работы ультразвукового расходомера основан на измерении разности времени прохождения акустических колебаний по и против направления потока измеряемого вещества. Первичные излучатели выполняют роль как приемника так и роль передатчиков.

Первичные колебания создают акустические колебания в измеряемой среде. Акустические колебания с частотой 0.1-1.0 МГц используются для измерения расхода жидкости, частоты в несколько десятки кГц - для измерения загрязняющих жидкостей (иначе возрастает поглощение и рассеяние сигнала)

Двухлучевые расходомеры имеют более высокую точность измерения. При измерении расхода в трубопроводах малого диаметра используют эффект отражения акустической волны от внутренней поверхности стенки трубопровода. Для труб малого диаметра расходомер поставляется в собранном виде. Для измерения расходов в трубах большого диаметра применяют либо накладные расходомеры, либо отдельно врезают первичные преобразователи. Соосность первичных преобразователей обеспечивается применением при монтаже специального направляющего приспособления.



Рисунок 2.15- Двухлучевой ультразвуковой расходомер

Наиболее распространенные тип расходомера – электромагнитный (индукционный). Принцип работы электромагнитного (индукционного) расходомера основан на законе Фарадея - в проводнике, движущемся в магнитном поле возникает электрический ток. Вода должна обладать достаточной электропроводностью. Для измерения расхода пара не применяется.

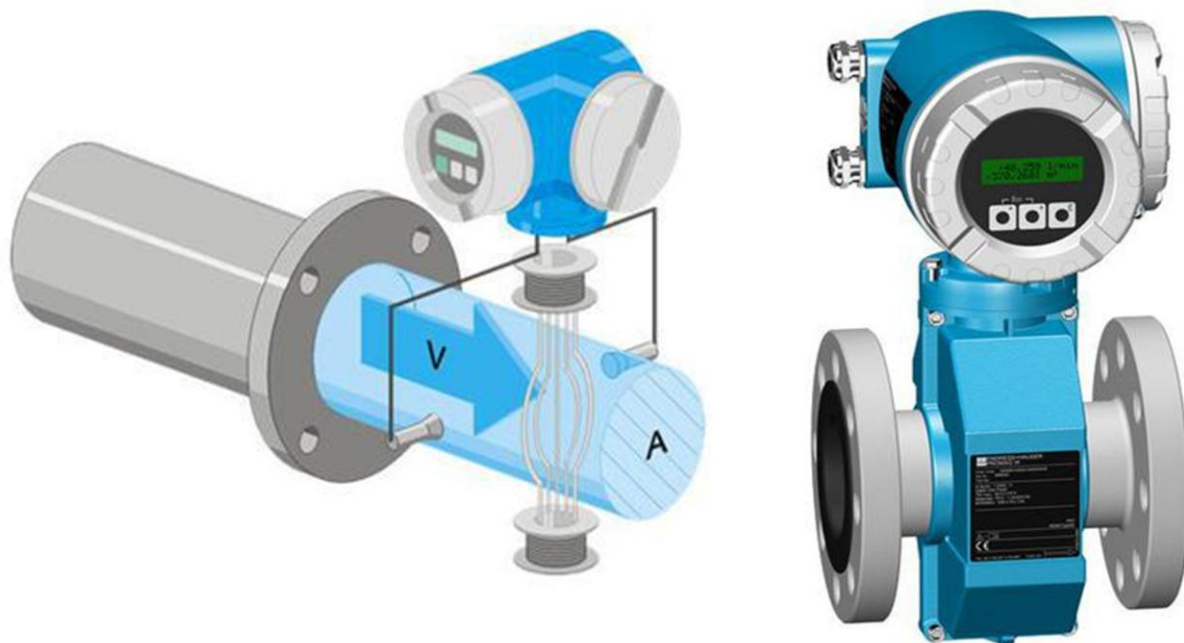


Рисунок 2.16 – Электромагнитный расходомер

Наиболее стабильным типом расходомера до недавнего времени являлись датчики переменного перепада давления (диафрагмы, сопла Вентури – датчики ассового расхода), рис. 2.17.

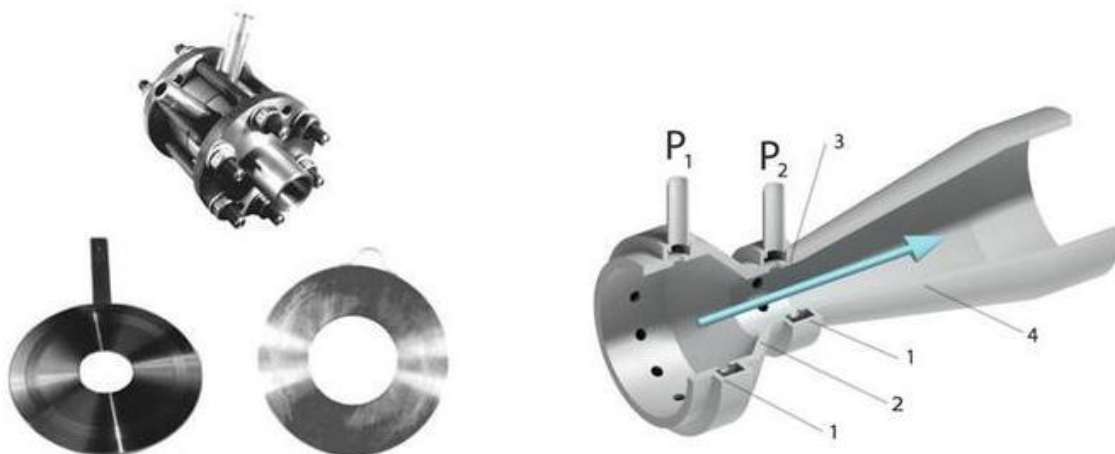


Рисунок 7.17 – Датчики переменного перепада давления-диафрагмы и сопла Вентури

Измерение расхода методом переменного перепада давления на сужающем устройстве (СУ) при коммерческой эксплуатации узла учета тепловой энергии применяется все реже из-за существенных недостатков: большие потери напора на СУ, малый динамический диапазон измерения, малый срок службы, сложность оборудования. Сопла Вентури в меньшей степени боятся гидравлических ударов, но более сложны в изготовлении.

Очень важным моментом при монтаже расходомеров является обязательное наличие прямых участков на трубопроводе (длина зависит от типа используемого расходомера), рис. 7.18

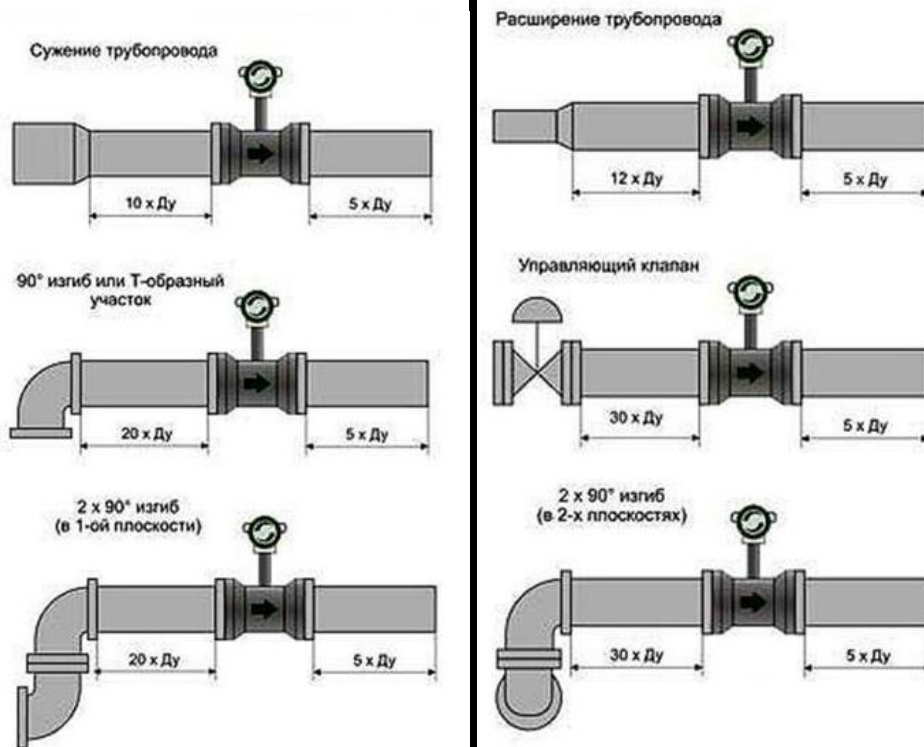


Рисунок 2.18-Пример расположения длин прямых участков для различных местных сопротивлений при установке расходомера

Тепловычислитель – технологический контроллер обрабатывает информацию от датчиков расхода, давления, температуры и рассчитывает основные показатели режима потребления тепловой энергии – массовый расход, температуру и давление теплоносителя по трубопроводам, вычисляет расход тепловой энергии в зависимости от расчетной схемы узла. При этом все показатели, включая нештатные ситуации, архивируются, рис. 2.19.



Рисунок .19-Примеры исполнения тепловычислителей

Очень важный момент – программирование технологического контроллера. В зависимости от сложности тепловой схемы, вида теплоносителя общий объем программируемой памяти может составлять десятки кБ, рис. 2.20.

Серийный номер ИСГОК №0307366
 Объект Расход тепла на ПЭТ город

П01 Контрактное время 08 часов.

П60 Гкал

№ канала	Датчик	Среда	М	RO	I ав, R ав
01	4-20 мА	Расход о.	2500 м³/ч	-	3,5 мА
02	4-20мА	Давление	980,665 кПа	-	3,5 мА
13	ТСПЗ910	Темпер.	-	100 Ом	80 Ом
14	ТСПЗ910	Темпер.	-	100 Ом	80 Ом
03	4-20 мА	Расход о.	2500 м³/ч	-	3,5 мА
04	4-20 мА	Давление	980,665 кПа	-	3,5 мА
05	4-20 мА	Расход о.	500 м³/ч	-	3,5 мА
06	4-20 мА	Расход о.	500 м³/ч	-	3,5 мА

Примечание: у каналов 07-12 и 15 тип датчика 0-5 мА.

№ точки	1 (прямая)	2 (обратка)	3 (пр. бай.)	4 (обр. бай.)	№ точки	00
Среда	Вода	Вода	Вода	Вода	Среда	Хол. ист.
Канал Т	13	14	13	14	Канал Т	00
Max	150 °С	150 °С	150 °С	150 °С	М	0 °С
Min	0 °С	0 °С	0 °С	0 °С	Вид Р	Избыт.
Дог	0 °С	0 °С	0 °С	0 °С	Канал Рхи	00
Вид Р	Избыточное	Избыточное	Избыточное	Избыточное	М	200 кПа
Канал Р	02	04	02	04	Канал Ратм	00
Max	980,665 кПа	980,665 кПа	980,665 кПа	980,665 кПа	М	98,11019 кПа
Min	0 кПа	0 кПа	0 кПа	0 кПа		
Дог	0 Кпа	0 Кпа	0 Кпа	0 Кпа		
Метод	Расходомер	Расходомер	Расходомер	Расходомер		
Канал G1	01	03	05	06		
Канал G2	00	00	00	00		
Max	2500 м³/ч	2500 м³/ч	500 м³/ч	500 м³/ч		
Min	0 м³/ч	0 м³/ч	0 м³/ч	0 м³/ч		
Дог	2200 м³/ч	2000 м³/ч	450 м³/ч	350 м³/ч		
Отс	5 м³/ч	5 м³/ч	2 м³/ч	2 м³/ч		

№ группы	Значение	Единица	Слагаемое	Фог
01	Интегр.	Гкал/ч	01	1*01.01*00.00
			02	-1*02.01*00.00
			03	0.000/00.00/00.00
02	Интегр.	м³/ч	01	1*01.04*00.00
			02	-1*02.04*00.00
			03	0.000/00.00/00.00
03	Мгнов.	Град С	01	1*01.05*00.00
			02	-1*02.05*00.00
			03	0.000/00.00/00.00

№ байта	Характерист.	Код	КУ исток	КУ ктс	К1 ктс	Примеч. (KR)
1	Расход пр.	01.04	10	10	0,04167	м³/ч
2	Давление пр.	01.06	3,92266	0,04	0,00016667	кгс/см²
3	Темпер. пр.	01.05	0,8	0,8	0,00333	°С (-50)
4	Тепло пр.	01.01	1,385364	1,385364	0,00577	Гкал/ч
5	Расход обр.	02.04	10	10	0,04167	м³/ч
6	Давление обр.	02.06	3,92266	0,04	0,00016667	кгс/см²
7	Темпер. обр.	02.05	0,8	0,8	0,00333	°С (-50)
8	Тепло обр.	02.01	1,385364	1,385364	0,00577	Гкал/ч
9	Расход п.б.	03.04	2	2	0,00833	м³/ч
10	Тепло п.б.	03.01	0,2770724	0,2770724	0,00115	Гкал/ч
11	Расход о.б.	04.04	2	2	0,00833	м³/ч
12	Тепло о.б.	04.01	0,2770724	0,2770724	0,00115	Гкал/ч

Рисунок 2.20- Пример программирования базы данных тепловычислителя

Для автоматизации учета потребляемой тепловой энергии при наличии нескольких узлов учета на предприятии используется автоматизированная система учета (пример СП-сеть фирмы Логика).



Рисунок 2.21-Комплектующие изделия для СП-сети

Для автоматизации процесса сбора данных о потреблении теплоносителя группой потребителей применяют системы сбора данных, построенные на основе специализированного программно-аппаратного комплекса. Связь с тепловычислителями с системой сбора информации осуществляется посредством различных интерфейсов, чаще всего это интерфейсы RS232 и RS485.

Модемное соединение использует интерфейс RS232. Достоинства модемного соединения: большая дальность, нет необходимости в выделенной линии, возможность доступа с любого ПК с необходимым ПО и модемом.

Интерфейс RS485 требует наличия преобразователя RS485-COM или RS485-USB, отдельной выделенной линии (до 1 км), доступ с определенного места

Допуск в эксплуатацию узла учета тепловой энергии у потребителя.

Для допуска узла учета тепловой энергии в эксплуатацию представитель источника теплоты должен предъявить:

1. Принципиальные схемы подключения;
2. Проект на узел учета, согласованный с Госэнергонадзором;
3. Паспорт на приборы узла учета;
4. Документы о проверке приборов узла учета, с действующим клеймом госповерителя;
5. Схемы узла учета, согласованные с Госстандартом, (это требование относится только к приборам, измеряющим массу или объем теплоносителя методами переменного перепада давления);
6. Акт, о соответствии монтажа требованиям, правил измерения расхода газов и жидкостей, стандартными сужающими устройствами РД 50-213-80 (это требование относится только к приборам, измеряющим расход теплоносителя, методом переменного перепада давления);
7. Смонтированный и проверенный на работоспособность узел учета тепловой энергии и теплоносителя, включая приборы, регистрирующие параметры теплоносителя.

При допуске узла учета в эксплуатацию должны быть проведены:

1. Соответствие заводских номеров на приборы учета указанным, в их паспортах;
2. Соответствие диапазонов измерений устанавливаемых приборов учета диапазонам измеряемых параметров;
3. Качество монтажа средств измерений и линий связи, а также соответствие монтажа требованиям паспорта и проектной документации;
4. Наличие пломб.

Допуск узла учета в эксплуатацию оформляется двухсторонним актом.

Паспорт узла учета тепловой энергии является обязательным документом при коммерческой эксплуатации.

Состав паспорт узла учета.

1. Документация, оформляемая монтажно-наладочно организацией:

- титульный лист (наименование монтажной организации объекта, адреса и т.д.);
- содержание;
- общие сведения: 3-4 листа с указанием комплектации средствами измерения, применяемых программах и алгоритмов, регистрируемых параметрах и т.д. ;
- акт допуска узла учета в эксплуатацию в двух экземплярах по форме, рекомендуемой правилами, подписанный представителями заказчика, монтажной и теплоснабжающей организацией;
- карта программирования тепловычислителя;
- ведомость учета параметров теплопотребления с момента "старта" за период не менее 3-4 суток, завизированная метрологами теплоснабжающей организации.

2. Техническая документация на средства измерений:

- паспорта на все вычислители, расходомеры, термодатчики, преобразователи и т.д. со свидетельствами о поверке;
- эксплуатационная документация на средства измерений от заводов – изготовителей (руководство по эксплуатации, инструкции по монтажу, наладке, программированию, методики поверке и т.д.);

3. Исполнительная документация:

- комплект проектной документации с внесенными
- исправлениями и дополнениями, согласованный с соответствующими службами теплоснабжающей организацией;
- технические условия (ТУ) на установку узла учета,
- выданные теплоснабжающей организацией

Дополнения к паспорту узла учета

1. Акты повторного ежегодного допуска узла учета.

2. Свидетельства о периодической метрологической поверке средств измерения.

При оформлении паспорта узла учета отпадает необходимость в оформлении в виде отдельных документов:

1. Метрологического паспорта узла учета;
2. Акта приемки в эксплуатацию систем автоматизации узла учета;
3. Акта обкатки узла учета в течение 72 ч.

Контрольные вопросы

1. Алгоритмы расчета по потребляемой тепловой энергии.
2. Энтальпия теплоносителя.
3. Состав паспорта на тепловой узел.
4. Правила допуска узла учета в эксплуатацию.
5. Погрешность измерения тепловой энергии (требования Правил учета тепловой энергии).
6. Состав узла учета тепловой энергии.

7. Типы расходомеров и их область использования.
8. Ультразвуковые расходомеры.
9. Электромагнитные расходомеры.
10. Диафрагмы и сопла Вентури.
11. Тепловычислители.

2.4 Лабораторная работа - Определение термического сопротивления ограждающих конструкций с использованием методов тепловизионного обследования

Задание для определения термического сопротивления ограждающих конструкций с использованием методов тепловизионного обследования

Цель работы: изучить устройства и тепловизора и определить термическое сопротивление строительных конструкций фасада главного корпуса НГАУ

Краткие теоретические сведения.

Известно, что все физические тела, температура которых отлична от температуры абсолютного нуля ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$), излучают во всем спектре электромагнитные колебания. А тепловизоры, посредством которых производится термография, – это приборы, которые позволяют дистанционно регистрировать и визуализировать инфракрасное (ИК) или тепловое излучение тел в диапазоне длин волн от 1,5 до 20 мкм и более (для сравнения, человеческий глаз видит только в диапазоне от 0,4 до 0,76 мкм), рис. 2.4.1.

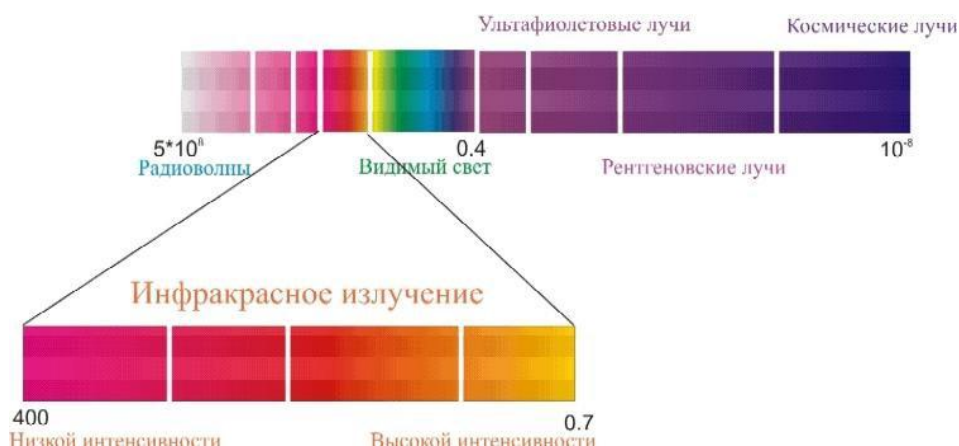


Рисунок 2.4.1- Диапазон инфракрасного излучения на общей шкале ЭМВ

Тепловизоры градуируют и поверяют в единицах температур по эталонным излучателям.

Тепловизор – прибор пассивный, он только принимает и регистрирует излучение от объекта, но даже при морозной погоде интенсивности теплового излучения здания достаточно для того, чтобы получить температурную карту поверхности его ограждающих конструкций.

Применение термографии для поиска и регистрации тепловых аномалий ограждающих конструкций известно давно, первые примеры появились практически спустя несколько лет после создания и появления первых тепловизионных приборов в начале 60-х годов. Громоздкость и несовершенство тепловизоров того времени многие годы сдерживало их широкое применение на практике. Но громадный рост тарифов на потребление энергоресурсов и появление на рынке современных тепловизоров с великолепными техническими характеристиками (рис. 2.2) побудило специалистов ЖКХ и ТЭК к широкому внедрению в практику тепловизионного обследования как составной

части полного энергетического обследования предприятий, а также при составлении энергетических паспортов.



Рисунок 2.4.2- Общий вид тепловизора testo

- 1.Объектив цифрового преобразователя изображений для получения визуальных изображений и два светодиода для подсветки
- 2.Объектив инфракрасной камеры для получения термограмм
- 3.Фиксатор объектива** для открытия фиксатора объектива
- 4.Резьба (стандартная крупная резьба 1/4" - 20) для установки на штатив (с нижней стороны тепловизора).
- 5.Лазер (не для всех регионов) для маркировки объектов измерений.
- 6.Кольцо фокусировки (Focusing ring) для ручной фокусировки.
- 7.Поворотная рукоятка и ремень с настраиваемой длиной
- 8.Аккумуляторный отсек (с нижней стороны тепловизора).
- 9.Кнопки управления (на задней и верхней панели тепловизора)
- 10.Два хомута для переносного/наплечного ремня.
- 11 Гнёзда

Возможности и недостатки термографического метода определения дефектных мест ограждающих конструкций и уровня их теплопотерь

Тепловизионная диагностика характеризуется высокой информативностью, это бесконтактный дистанционный метод определения температур поверхности, так как сразу по всему полю зрения прибора регистрируется более 20 тысяч температурных точек только в одном кадре.

Набор объективов позволяет снимать тепловую картину объекта с высоким пространственным и температурным разрешением. Стандартный тепловизионный объектив для наружных измерений имеет поле зрения около 20°, а с объективом 40 или 60° удобно производить регистрацию в стеснённой обстановке внутренних помещений, не увлекаясь при этом углами визирования, далёкими от нормали. Применение телеобъектива с полем зрения 2-3° позволяет снимать верхние этажи зданий, дымовые трубы и другие отдалённые сооружения. Обычно калибровка тепловизоров по температуре производится в нескольких температурных диапазонах, перекрывая область от -20 °С до +1500 °С, встречаются аппараты и с более широкими возможностями.

Погрешность измерений тепловизором температуры в абсолютных значениях обычно не превышает $\pm 2\%$ в указанном для данного прибора диапазоне температур. Это обусловлено тем, что амплитуда тепловизионного видеосигнала для тепловых приёмников зависит от температуры в четвёртой степени, а для фотонных приёмников зависимость температура – сигнал определяется третьей степенью. Широкий динамический диапазон изменения электрического сигнала накладывает ограничения и вызывает нелинейные преобразования при оцифровке аналогового сигнала, что и приводит к такому значению величины погрешности.

Следует учесть, что величина температурной погрешности имеет зависимость и от s – коэффициента излучения строительных материалов в инфракрасной области, это особенно сказывается при значениях $s < 0,8$. Современные тепловизоры имеют температурную чувствительность не менее $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$, а их пространственное разрешение в режиме инфракрасного микроскопа достигает $60\text{ }\mu\text{м}$. Итак, с помощью тепловизора мы можем получить температурную карту фрагмента внутренней или внешней поверхности здания. Например, для тепловизора Inframetric-760, судя по заявленным производителем техническим характеристикам, при проведении обследования в диапазоне $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, погрешность абсолютных измерений температуры не превысит $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Конечно, это при условии, что коэффициент излучения поверхности близок к единице и температурный дрейф прибора незначителен. Тепловизор во время измерений необходимо проверять на наличие температурного дрейфа. Для этого после регистрации термограмм фасадов следует вернуться к начальному ракурсу измерений и сделать повторный тепловой снимок, с тем чтобы в процессе последующей обработки данных корректировать значения средних температур по стене. Температурный дрейф показаний присущ всем тепловизорам, так как во время работы электронных компонентов прибора происходит выделение тепла, которое затем поглощается элементами оптического тракта и попадает в поле зрения детектора. Для уменьшения дрейфа, обусловленного остыванием тепловизора при наружных измерениях, рекомендуется выдержать прибор в течение получаса перед работой для принятия им температуры окружающего воздуха.

Влияние атмосферы при регистрации ИК-изображений, метеоусловий и дистанции. Выбор критерия определения и классификации дефектов.

Как известно, термограмма представляет собой условное цветное изображение фрагмента температурного поля поверхности здания. В левой части термограммы обычно приведена цвето-температурная шкала, характеризующая диапазон измеренных температур и соотношение температура – цвет. Например, если на шкале приведено 20 цветов (т. е. мы имеем 20 изотерм), а диапазон измеряемых температур установлен от 0 до $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, это означает, что каждому цвету соответствует перепад температур в $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В процессе обработки на зарегистрированных термограммах указывается средняя температура характерных зон конструкций и зон дефектов, в таблицах к термограмме приводятся величина перепада температуры поверхности стены или окна в зонах по отношению к наружному воздуху (превышение температуры). Как известно, величина перепада температур прямо пропорциональна тепловому потоку с поверхности ограждающей конструкции. Величина пропорциональности называется коэффициентом теплоотдачи поверхности (α). Учитывая вышесказанное, введём понятие критерия дефектности, то есть какие, по нашему мнению, тепловые зоны можно отнести к

аномальным и с каким перепадом температур они могут считаться дефектными.

Под дефектом нами понимается такой участок поверхности, на котором превышение температуры в 1,5 раза выше зарегистрированного в среднем по стене или аналогичного участка по благополучной области конструкции. То есть тепловой поток в области дефекта более чем в 1,5 раза выше среднего. В результате анализа термограмм и работы с технической документацией на здание определяются дефекты конструкций. Например, это могут быть дефекты в укладке теплоизоляции стен, брак в герметизации панельных стыков, трещины стен, вызывающие инфильтрацию воздуха, негерметичные примыкания дверных и оконных коробок и т.п.

На точность измерений и достоверность полученных результатов влияют:

1. Ветер и его направление. При скорости ветра уже 5 м/с превышения температуры наружных поверхностей уменьшаются в 2 раза [6];
2. Температурный напор здания, (рекомендуемый перепад температур не менее 15 °С);
3. Дистанция до обследуемой поверхности. Здесь возникает два аспекта проблемы: с ростом дистанции падает пространственное разрешение, а, начиная с 50 метров, существенным становится влияние атмосферы на ослабление тепловизионного сигнала, особенно в диапазоне 3-5 мкм;
4. Наличие паразитных засветок от солнца и других источников тепла, или, например, переотражение от соседних зданий или угловых фасадов.

Обычно результаты тепловизионных измерений оформляются в виде отдельного параграфа энергетического обследования, включающего в себя протокол измерений, заключение и приложения (цветные термограммы). На каждой странице к термограмме необходимо прилагать электронное фото фрагмента здания с указанием местоположения термограммы. Удобно использовать архивную тепловизионную информацию в электронном виде для сравнения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий до и после ремонта, в разных по времени отопительных сезонах.

Спектральные характеристики. Сегодня на рынке в основном предлагаются тепловизоры, работающие в окнах прозрачности атмосферы в диапазоне 3-5 мкм или 7-12 мкм, те и другие годятся для наших целей. Рассмотрим их аппаратные особенности. При равной температурной чувствительности (не хуже 0,1 °С) тепловизоры спектрального диапазона 3-5 мкм более тщательно в деталях прорисуют мелкие элементы фасадов: переплёты окон, температурные швы, кирпичную кладку, так как дифракционное разрешение оптического тракта в этом спектре выше в 2 раза, чем в диапазоне 7-12 мкм. В диапазоне 3-5 мкм также наблюдается повышенный тепловой контраст ИК-изображения, и он более пригоден для регистрации высокотемпературных объектов, таких как топки, пламя и прочее, но при работе на дистанциях уже свыше 10 метров в спектральном диапазоне 3-5 мкм нахождение тепловых волн скажется влияние паров воды и углекислого газа вследствие поглощения и рассеяния инфракрасного излучения. Для длин волн 7-12 мкм при обычном состоянии атмосферы фактор ослабления излучения от объектов следует учитывать при дистанциях только свыше 100 метров, приборами этого спектрального диапазона предпочтительнее проводить термографию верхних этажей зданий, обследовать состояние дымовых труб. Кроме того, в современных тепловизорах с таким рабочим спектром используются неохлаждаемые болометрические матрицы,

поэтому не требуется дополнительной энергии на охлаждение фотоприёмной матрицы и уменьшаются габариты тепловизора. На регистрацию тепловой картины фасадов в диапазоне длин волн 7-12 мкм меньше влияет солнечная засветка фасадов, так как в этом спектре регистрируется примерно 22 % всей энергии излучения от окружающих предметов, в то время как в диапазоне 3-5 мкм эта доля всего 1,6 %, но из этого не следует, что процесс измерений можно проводить в дневное время.

Излучение, регистрируемое тепловизором, состоит из:

-излучаемого (ϵ),

-отраженного (ρ),

- проходящего длинноволнового инфракрасного излучения (τ), исходящего от объектов, расположенных в пределах поля

Коэффициент излучения (ϵ) Коэффициент излучения (ϵ) – степень способности материала излучать (выделять) инфракрасное излучение. Коэффициент излучения (ϵ) изменяется в зависимости от *свойств поверхности, материала*, и в случае с некоторыми материалами - от температуры измеряемого объекта. Максимальная излучательная способность: $\epsilon = 1$ (100 % – абсолютное черное тело) в действительности не встречается. Многие неметаллические материалы (например, ПВХ, бетон, органические вещества) обладают высокой излучательной способностью в длинноволновом инфракрасном диапазоне (табл. 1.1), которая не зависит от температуры ($\epsilon \approx 0,8 \div 0,95$). Металлы, особенно материалы с блестящей поверхностью, обладают низкой излучательной способностью, которая может меняться в зависимости от температуры. *Коэффициент отражения (ρ)* Коэффициент отражения (ρ) – степень способности материала отражать инфракрасное излучение, зависит от свойств поверхности, температуры и типа материала.

Как правило, гладкие, полированные поверхности имеют большую отражательную способность, чем шероховатые, матовые поверхности, изготовленные из одного и того же материала.

Во многих областях применения отраженная температура соответствует температуре окружающей среды. Угол отражения инфракрасного излучения всегда совпадает с углом падения

Коэффициент пропускания (τ)

Коэффициент пропускания (τ) – степень способности материала пропускать (проводить через себя) инфракрасное излучение. Зависит от типа и толщины материала.

Большинство материалов являются материалами не пропускающего типа, т.е. устойчивыми к длинноволновому инфракрасному излучению.

Сумма данных компонентов всегда принимается за 1 (100 %):

$$\epsilon + \rho + \tau = 1. (1.1)$$

Поскольку коэффициент пропускания редко играет значительную роль на практике, τ опускается и формула упрощается до

$$\epsilon + \rho = 1. (1.2)$$

Для термографии это означает, что чем ниже коэффициент излучения, тем:

-выше уровень отраженного инфракрасного излучения,

-сложнее осуществить точное измерение температуры и

-более важным становится правильная настройка компенсации отраженной температуры (КОТ).

Приближенная количественная оценка тепловых потерь при помощи тепловизора.

Очевидно, что в стационарных условиях при установившемся теплообмене количество теплоты, которое теряется с единицы наружной поверхности за единицу времени будет соответствовать количеству теплоты, подводимому с внутренней поверхности. Тепловые потери с поверхности будут состоять из двух составляющих: потери на излучение и потери на теплоотдачу при конвекционном теплообмене.

Для приблизительного расчета тепловые потери можно оценить следующим образом:

$$dP = \alpha * (t_{нар} - t_{нар}) dS dt$$

где dP – количество отдаваемой теплоты за время dt

dS – элемент поверхности

α – коэффициент теплоотдачи

$t_{нар}$ – температура наружной поверхности

$t_{нар}$ – температура воздуха снаружи.

Коэффициент теплоотдачи α , как уже было сказано выше, состоит из радиационной и конвекционной составляющей: $\alpha = \alpha_r + \alpha_k$

Коэффициент теплоотдачи для радиационной составляющей можно записать следующим образом:

$$\alpha_r = \sigma * \varepsilon ((t_{нар}^4) - (t_{нар}^4))$$

где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2\text{К}^4$ – постоянная Стефана-Больцмана,

ε – интегральная излучательная способность поверхности (не путать с значением для ограниченного спектрального диапазона, приведенным в руководстве по эксплуатации тепловизора, которое необходимо устанавливать при измерении температуры тепловизором).

При расчете потерь на излучение все значения температуры необходимо переводить в шкалу Кельвина.

Конвекционная составляющая приблизительно рассчитывается следующим образом:

$$\alpha_k = 5,8 + 11,6 * (V)^{0,5}$$

где V – скорость ветра в метрах в секунду.

План работы.

1. Ознакомится с устройством тепловизора testo 885-2.
2. Получить навыки практической работы с тепловизором при оценке состояния ограждающих конструкций.
3. Изучить алгоритм расчета фактического термического сопротивления ограждающих конструкций.
4. Изучить алгоритм упрощенного расчета потерь энергии по показаниям тепловизора.
5. Рассчитать фактическое термическое сопротивление ограждающих конструкций здания главного корпуса НГАУ.
6. Рассчитать теплотери здания НГАУ при расчетной температуре наружного воздуха

Указания к выполнению лабораторной работы.

Настройка коэффициента излучения:

1. Когда температура измеряемого объекта выше температуры окружающей среды:
2. Завышенный коэффициент излучения приведет к завышенным показаниям температуры. Заниженный коэффициент излучения приведет к заниженным показаниям температуры.
3. **Необходимо помнить!** Низкий коэффициент излучения: уровень отраженного инфракрасного излучения очень высок, точное измерение температуры без дополнительных мер осуществить сложно. необходима правильная настройка компенсации отраженной температуры (КОТ).

Последовательность действий оператора при тепловизионной съемки.

1. Включить тепловизор и дать ему стабилизироваться (5-10 минут)
2. При необходимости выбрать в меню пункт «настройка», выполнить автокалибровку.
3. Установить КИ 0,98 и комнатную температуру в настройках. (если выполняется при комнатных условиях, желательно избегать источников тепла холода при проверке)
4. Выбрать меню «Измерения» -> «горячая точка» или «одноточечное измерение»
5. Настроить фокус и навести прибор на «подопытного» :) с расстояния 1 метр и замерить температуру слезного канала глаза.
6. Температура должна быть примерно равна 34-35 °С. Для получения точных результатов измерения измеряемый объект должен быть в 2-3 раза больше наименьшего видимого объекта.

Не проводите измерения при:

- тумане и атмосферных осадках. А также когда влага конденсируется на тепловизоре.
- По возможности избегайте ветра и воздушных потоков около объекта измерений. При их наличии, учитывайте это при анализе снимков.
- Не проводите измерения в пыльном помещении/воздухе.
- Проводите измерения на минимальном расстоянии от объекта.
- Учитывайте влияние Вашего излучения.
- Проводите съемку с разных углов.
- Не проводите съемку рядом с горячими/холодными предметами.
- Проводите измерения рано утром/в облачную погоду, иногда – в темноте.
- Когда это возможно, используйте штатив.
- Не проводите измерения при тумане и атмосферных осадках. А также когда влага конденсируется на тепловизоре.
- По возможности избегайте ветра и воздушных потоков около объекта измерений. При их наличии, учитывайте это при анализе снимков.

- Не проводите измерения в пыльном помещении/воздухе.
- Проводите измерения на минимальном расстоянии от объекта.
- Учитывайте влияние Вашего излучения.
- Проводите съемку с разных углов.
- Не проводите съемку рядом с горячими/холодными предметами.
- Проводите измерения рано утром/в облачную погоду, иногда – в темноте.
- Когда это возможно, используйте штатив (при съемке без Super Resolution ®)
- Рекомендуется проводить бесконтактные измерения температуры при значении коэффициента теплового излучения более 0.7;
 - При значении коэффициента теплового излучения в пределах от 0.3 до 0.7
 - Проводить бесконтактные измерения температуры допускается, но не рекомендуется;
 - - При значении коэффициента теплового излучения менее 0.3 результаты не могут быть признаны достоверными из-за того, что уровень сигнала от объекта очень слабый и от поверхности отражается много паразитного излучения.\
 - Коэффициент излучения зависит и от угла, под которым измеряется температура объекта. Так для воды при визировании перпендикулярно поверхности коэффициент излучения составит 0.98, то при уменьшении угла скольжения до 10° значение коэффициента излучения упадет до 0.01, то есть в 98 раз
 - 50% принятого тепловизором излучения – «собственное» излучение объекта (температура -28⁰С)
 - 50%- принятого тепловизором излучения- «отраженное» от окружающих объектов с температурой ниже реальной, (например -60⁰С)
 - Тепловизор «вычитает» составляющую отражения с заниженной температурой из общего регистрируемого излучения
 - «Видимая» температура завышается и попадает измерительный диапазон
 - При расчете потерь на излучение необходимо пользоваться значением полной (интегральной) излучательной способности поверхностей, табл 2.4.1. Значение температуры следует брать из результатов измерений тепловизора.

Таблица 2.4.1-Значения излучательной способности для неметаллов в диапазоне 7 ... 14 мкм

Материал	Излучательная способность
Асбест	0.95
Асфальт	0.95
Базальт	0.7
Бетон	0.95
Бумага (любого цвета)	0.95
Вода	0.93
Гипс	0.8-0.95
Глина	0.95
Гравий	0.95
Древесина, натуральная	0.9-0.95
Известняк	0.98
Карборунд	0.9
Каучук	0.95
Керамика	0.95
Лёд	0.98
Пластмасса (толщиной, более 0,5 мм)	0.95
Стекло --Зеркало --Капля	0.85 н.р.
Краска (неалюм.)	0.9-0.95
Песок	0.9
Снег	0.9
Почва (грунт)	0.9-0.98
Ткань	0.95
Углерод --не окисленный --графит	0.8-0.9 0.7-0.8

Используемые приборы: тепловизор testo 885-2, термоанемометр, пирометр Кльвин-Компакт.

Расчет фактического термического сопротивления теплопередачи

Производится съемка исследуемых поверхностей и по выбранным участком. Определяется значение температуры наружной поверхности (элементы ограждений с разным термическим сопротивлением - стена, подоконная поверхность, стеклопакет и т.д.)

Фактическое сопротивление теплопередачи по результатам тепловизионного обследования определится как

$$R_{\phi} = 0.043 * (t_{в} - t_{н}) / (t_{г} - t_{н})$$

где, $t_{в}$ -внутренняя температура воздуха, $С^0$

$t_{н}$ -наружная температура воздуха, $С^0$

$t_{г}$ - температура наружной поверхности полученная термографированием, $С^0$

Проводятся измерения следующих энергетических показателей обследуемого объекта:

-средняя температура наружного воздуха

- средняя температура внутреннего воздуха
- средняя температура на наружной поверхности
- средняя температура на внутренней поверхности

Результаты измерения при тепловизионном обследовании зданий заносятся в таблицу 2.4.2 (пример заполнения)

Таблица 2.4.1.2- Результаты измерения при тепловизионном обследовании зданий

№ реперной зоны	Средняя температура наружного воздуха °С	Средняя температура внутреннего воздуха °С	Средняя температура на наружной поверхности °С	Средняя температура на внутренней поверхности °С
1-ая зона	+1,0	+22,0	+1,24	+21,20
2-ая зона	+1,0	+22,0	+1,29	+21,09
стеклопакеты	+1,0	+20,4	+3,42	+17,8

По результатам тепловизионного обследования зданий вычисляются термическое сопротивление ограждающих конструкций, (Таблица 2.4.1.3).

Таблица 2.4.1.3- Результаты расчета фактического сопротивления строительных конструкций

Тип ограждающей конструкции	Сопротивление теплопередаче м ² °С/Вт		
	СНиП 23-02 2003	Проектное значение	Расчетное значение
Наружные стены здания, участок №1	2,6	-	3,76 ± 0,21
Наружные стены здания, участок №2	2,6	-	3,11 ± 0,20
Светопрозрачные конструкции (стеклопакеты)	0,56	-	0,34 ± 0,04

Упрощенная оценка теплотерь с фасадной поверхности здания.

Тепловизором или пирометром проводится термографирование исследуемых поверхностей здания. Определяется температура наружной поверхности – $t_{нар}$ и температура воздуха снаружи – $t_{нар}$. По таблице 2.4.1. определяем значения излучательной способности поверхности ε (стекло, бетон).

Рассчитываем коэффициент теплоотдачи для радиационной составляющей

$$\alpha_r = \sigma * \varepsilon ((\tau^4_{нар.}) - (t^4_{нар}))$$

где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2\text{К}^4$ – постоянная Стефана-Больцмана.

Определяем термоанемометром среднее значение скорости ветра V .

Конвекционная составляющая.

Оценим величину тепловых потерь с 1 м² наружной стены здания и светопрозрачных конструкций (окон). Для приблизительного расчета тепловые потери

можно оценить следующим образом:

$$dP = \alpha * (\tau_{\text{нар}} - t_{\text{нар}}) dS dt$$

где dP – количество отдаваемой теплоты за время dt

dS – элемент поверхности

α – коэффициент теплоотдачи

$\tau_{\text{нар}}$ – температура наружной поверхности

$t_{\text{нар}}$ – температура воздуха снаружи.

Коэффициент теплоотдачи α , как уже было сказано выше, состоит из радиационной и конвекционной составляющей: $\alpha = \alpha_r + \alpha_k$. Коэффициент теплоотдачи рассчитывается отдельно для окон и фасадной поверхности здания.

Коэффициент теплоотдачи для радиационной составляющей можно записать следующим образом:

$$\alpha_r = \sigma * \varepsilon * (\tau_{\text{нар}}^4 - t_{\text{нар}}^4)$$

где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2\text{К}^4$ – постоянная Стефана-Больцмана,

ε – интегральная излучательная способность поверхности (не путать с значением для ограниченного спектрального диапазона, приведенным в руководстве по эксплуатации тепловизора, которое необходимо устанавливать при измерении температуры тепловизором).

При расчете потерь на излучение все значения температуры необходимо переводить в шкалу Кельвина.

Конвекционная составляющая приблизительно рассчитывается следующим образом:

$$\alpha_k = 5,8 + 11,6 * (V)^{0,5}$$

где V – скорость ветра в метрах в секунду.

Определяем коэффициент теплоотдачи α – коэффициент теплоотдачи

$$\alpha = \alpha_r + \alpha_k$$

Рассчитываем удельные теплотери для светпрозрачных конструкций и стен.

Результаты заносим в таблицу

Таблица 2.4.1.2- Результаты измерения при тепловизионном обследовании зданий

Зоны	Конвективная составляющая потерь - $\alpha_k, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{C}^0$	Радиационная составляющая потерь $\alpha_r, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{C}^0$	Коэффициент теплоотдачи $\alpha, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{C}^0$	Средняя значения потерь тепловой энергии с м2
Стена здания				
Окно				

Таблица 2.4.1.3- Результаты расчета теплотерь с фасада здания

Зоны	Площадь фрагмента, м^2	Коэффициент теплоотдачи $\alpha, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{C}^0$	Температура поверхности, C^0	Температура воздуха, C^0	Средняя значения потерь тепловой энергии Вт/м^2
Стена здания					
Окно					

Содержание отчета.

Отчет о выполнении лабораторной работы должен содержать: изложение цели работы, краткие теоретические сведения, фасад здания с нанесенными теплофизическими характеристиками здания, таблицы с результатами тепловизионной съемки и расчетов

фактических значений потерь тепловой энергии (мощности), выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы:

1. Принцип работы тепловизора;
2. Какие параметры необходимо вводить для коррекции результатов измерений объекта?
3. Как определить фактическое сопротивление теплопередачи;
4. Соотношение конвективной и кондуктивной составляющей потерь тепловой энергии исследуемого здания?
5. Аналитическое выражение для определения суммарных тепловых потерь здания;
6. Какие дополнительные параметры съемки необходимо учитывать при тепловизионном обследовании;
7. Оценка погрешности измерения температуры поверхности при тепловизионном обследовании;

Литература

1. Ж. Госсорг. Инфракрасная термография: Основы, техника, применение. - М.: Мир, 1988.- 416с.

**ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОАУДИТ В АПК» ДЛЯ СТУДЕНТОВ
ПРОФИЛЯ «АГРОИНЖЕНЕРИЯ» НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

Билет №1

1. Основные термины и определения в области энергосбережения.
2. Тепловой баланс животноводческого помещения.
3. Монтажная схема узла учета тепловой энергии (приборы, схема монтажная, расчетная формула для определения теплопотребления)

Тестовые вопросы Укажите номер правильного ответа

Размерность удельного термического сопротивления ограждений?

1. Дж/(кг * град).
2. Вт/(м**2).
3. Град.*(м**2)/Вт
4. Ом/(мм**2 * м).

Ответ

Какой способ теплопередачи используется в энергетике наиболее часто?

1. Лучеиспускание
2. Теплопередача конвекцией.
3. Конвективная теплопередача.
4. Конвективно-кондуктивная.

Ответ

Билет №2

1. Основные виды топливно-энергетических ресурсов.. Единицы измерения энергии. Связь между единицами измерения энергии (формула, размерность и физ. смысл).
2. Расчет тепловых потерь через ограждение. Термическое сопротивление ограждающих конструкций.
3. Документы, предъявляемые при сдаче теплового узла в эксплуатацию.

Тестовые вопросы Укажите номер правильного ответа

Как изменится теплопотери через ограждающие конструкции помещения при увеличении разности температур наружного и внутреннего воздуха в 2 раза

1. Увеличится в 2 раза.
2. Увеличится в 4 раза.
3. Уменьшится в 4 раза.
4. Уменьшится в 2 раза.

Ответ

Наибольшие потери тепловой энергии в животноводческом помещении:

1. Теплопотери через ограждающие конструкции
2. Теплопотери с удаляемым воздухом.
3. Теплопотери с инфильтрацией воздуха.
4. Теплопотери через оконные преграды.

Билет №3

1. Условное топливо. Пересчет топлива и энергии в т.у.т.
2. Расчет потерь тепловой энергии при вентиляции помещений (формула, размерность и физический смысл)
3. Электромагнитные расходомеры. Принцип действия. Достоинства и недостатки использования в системах измерения потребления тепловой энергии.

Тестовые вопросы Укажите номер правильного ответа,

По какому дополнительному параметру проверяется значение термического сопротивления ограждающих конструкций?

1. На отсутствие выпадения конденсата в воздухе помещений.
2. На отсутствие выпадения конденсата на ограждающих конструкциях.
3. На невыпадение конденсата на электроприборах.
4. На отсутствие конденсата на воздуховодах.

Ответ

По какому дополнительному параметру проверяется возможность выделения конденсата?

1. На разницу температур на улице и в отапливаемом помещении.
2. На уровень влажности уличного воздуха
3. На точку россы.
4. На отсутствие конденсата на воздуховодах.

Ответ

Билет № 4

1. Тепловой баланс жилого помещения.
2. Упрощенный расчет мощности тепловой установки и энергопотребления для жилого дома (климатические условия Сибири).
3. Расчет теплопотерь жилого дома.

Тестовые вопросы Укажите номер правильного ответа

Удельная величина тепловой нагрузки жилого – P_{\max} - помещения для условия с/х зоны Западной Сибири, Вт//м**2

1. 100.
2. 150
3. 200.
4. 300

Ответ

Время использования максимума тепловой нагрузки – T_{\max} - для животноводческих ферм с/х зоны Западной Сибири, час/год?

1. 1000.
2. 1500.
3. 2500 .
4. 4000

Билет № 5.

1. Расчет тепловой изоляции по условию невыпадения конденсата.
2. Принцип действия датчиков расхода переменного перепада давления(измерительная шайба).
3. Энергоаудит здания (цель, задачи, и основные расчетные формулы).

Тестовые вопрос Укажите номер правильного ответа

Какой технологический процесс наиболее энергоемкий на животноводческой ферме

1. Кормление.
2. Горячее водоснабжение.
3. Навозоудаление.
4. Создание нормируемого микроклимата помещения.

Ответ

Какой из перечисленных способов наиболее энергоэффективный для регулирования мощности электрокалориферов ВОРУ?

1. Регулирование шиберной заслонкой.
2. Трехступенчатое регулирование мощности калориферов.
3. Широтноимпульсное регулирование мощности калориферов.
4. Широтноимпульсное регулирование мощности калориферов и согласованное с ним регулирование частоты вращения вентилятора калорифера.

Ответ

Билет № 6

1. Расчет экономии энергии при увеличении сопротивления теплопередаче стены.
2. Лучистый теплообмен и его учет при расчете теплотерь зданий.
3. Принцип действия ультразвуковых расходомеров в системах учет теплоснабжения.

Тестовые вопрос Укажите номер правильного ответа

По каким вредностям производится расчет объема подаваемого в животноводческое помещение воздуха

1. Содержание углекислого газа
2. Влажность воздуха
3. Аммиак
4. По всем указанным параметрам

Ответ

Какой из указанных способов нагрева воды имеет самый высокий КПД

1. Индукционный
2. Косвенный нагрев с использованием элементного нагревателя
3. Электродный нагрев
4. СВЧ нагрев

Билет № 7

1. Нормы тепло и влагопоступлений животных. Расчет тепло и влагопоступлений в животноводческом помещении.
2. Конвективный теплообмен (физический принцип, расчетная инженерная формула и его использования в системах теплоснабжения.)
3. Датчики температуры и их использование в системах учета теплоснабжения.

Тестовые вопросы Укажите номер правильного ответа

Укажите по степени приоритета мероприятия направленные по экономии тепловой энергии на животноводческой ферме (первый наиболее приоритетный, последний - наименее)

1. Оптимизация потерь тепла в системах вентиляции
2. Оптимизация потерь тепла через дверные проемы
3. Оптимизация потерь тепла через потолочные перекрытия
4. Оптимизация потерь тепла через ограждающие конструкции(стены)

Ответ

По какой схеме предпочтительнее подключать термосопротивления в узлах учета тепловой энергии

1. Двухпроводной
2. Трехпроводной
3. Четырехпроводной

Ответ

Билет №8

1. Параметры микроклимата животноводческого помещения.
2. Расчет систем вентиляции по нормируемой влажности воздуха в помещении.
3. Датчики давления в системах теплоснабжения предприятий.

Тестовые вопросы Укажите номер правильного ответа

Какие параметры системы теплоснабжения обязательно фиксирует тепловычислитель (контроллер)?

1. Потребление тепловой энергии, параметры теплоносителя, аварийные ситуации, наработку в часах.
2. Потребление тепловой энергии, параметры теплоносителя, аварийные ситуации, наработку в часах, график потребления тепловой энергии, давление в трубопроводах, температуру наружного воздуха

Укажите основные два недостатка измерения расхода теплоносителя методом переменного перепада давления(диафрагма)

1. Большая погрешность
2. Потери давления на диафрагме.
3. Сложность монтажа
4. Необходимость пересчета объемного расхода в массовый.

Билет № 9

1. Расчет теплотерь через кровлю животноводческого помещения. Мероприятия проводимые для их минимизации
2. Способы терморегуляции у животного. Основные требования к воздушной среде животноводческого помещения и их влияние на теплофизические параметры помещения.
3. Достоинства и недостатки паровых и водяных систем энергообеспечения животноводческих помещений.

Тестовые вопрос. Укажите номер правильного ответа

Какое термическое сопротивление ограждающих конструкций является приемлемым для основных потребителей тепловой энергии на селе (Новосибирская обл.), $\text{м}^2 \cdot \text{С}^0 / \text{Вт}$

1. 1.5
2. 3.5
3. 4.5
4. 0.8

Ответ

Температура в помещении 10 гр. Цельсия, наружного воздуха -10 гр. Целься. В сколько раз изменятся теплотери через ограждающие конструкции при понижении температуры наружного воздуха до -30 гр. Цельсия при прочих равных условиях

Ответ

1. Увеличатся в 3 раза
2. Уменьшится в 2 раза
3. Увеличатся в 2 раза
4. Увеличатся в 4 раза

Ответ

Билет № 10

1. Теплообменники-утилизаторы тепловой энергии в системах теплоснабжения животноводческих помещений.
2. Влияние относительной влажности воздуха в производственных помещениях на энергосбережение.
3. Контроллеры систем учета теплотребления (назначения, перечень задач, решаемых контроллером).

Тестовые вопросы Укажите номер правильного ответа

Упрощенная формула для расчета максимального потребления энергии бытовыми потребителями.

1. $Q = P_{\text{max}} \cdot T_{\text{max}}$.
2. $Q = P_{\text{max}} \cdot T_{\text{max}} \cdot S$
3. $Q = P_{\text{max}} / T_{\text{max}} \cdot S$
4. $Q = P_{\text{max}} \cdot T_{\text{max}} / S$

Где S=площадь дома

Ответ

Одна Гкал равна:

1. 1200 кВт-ч
2. 1163 кВт-ч.
3. 8760 кВт-ч.
4. 720 кВт-ч.

Ответ

Билет № 11

1. Преимущества и недостатки тепловой и электрической системы теплоснабжения предприятия, их сравнительная энергоэффективность у рассредоточенных потребителей.
2. Доля затрат на тепловую и электрическую энергию в структуре себестоимости продукции животноводства и растениеводства.
3. Энергоэффективность газовой и электрической систем энергообеспечения технологических процессов сельскохозяйственного производства.

Тестовые вопросы Укажите численные значения

Укажите ориентировочное значение теплового КПД источника в сельском доме

Русская печь (дрова) - ?

Электроотопление, включая производство электроэнергии на эл. станциях и передачу по эл. сетям. - ?

Газовая мини-котельная -?

Ответ

Укажите КПД систем горячего водоснабжения в сельском доме:

- для газовой горелки -?

- индукционная электроплита-?

- плита огневая (дрова) -?

Ответ

Билет № 12

1. Принцип действия тепловых насосов (физика процесса и условия их эффективного использования)
2. Эффективного использования возобновляемых энергоресурсов в агроклиматических
3. условия Сибири (солнечная, ветровая, гидроэнергия и биотопливо). Сравнительная энергоэффективность указанных источников в АПК Сибири.

Тестовые вопросы Укажите численные значения

Массовый расход теплоносителя в трубопроводе 1.5 т/ч, температурный график 95/70. Определите потребляемую тепловую мощность объекта и примерный объем годового потребления тепловой энергии (потребитель – жилой дом)

Количество топлива, потребленного жилым домом площадью 100 м² при КПД источника теплоты 70% и калорийности топлива 5 Гкал/т. Регион – Западная Сибирь?

1. 12 т/год.
2. 9 т/год.
3. 7.8 т/год.
4. 3.9 т/год

Ответ

Билет № 13

1. Энергетическая эффективность производства биодизеля (рапсовое масло) в агроклиматических условиях Сибири.
2. Стоимость энергоресурсов в АПК Новосибирской области (уголь,газ,э/энергия, дрова,диз. топливо). Оценка перспективной стоимости энергоносителей.
3. Какие параметры теплотребления передают в энергоснабжающую организацию потребитель ежемесячно.

Тестовые вопрос Укажите численные значения

Укажите по степени приоритета мероприятия направленные по экономии тепловой энергии на животноводческой ферме (первый наиболее приоритетный, последний - наименее)

1. Оптимизация потерь тепла в системах вентиляции
2. Оптимизация потерь тепла через дверные проемы
3. Оптимизация потерь тепла через потолочные перекрытия
4. Оптимизация потерь тепла через ограждающие конструкции(стены)

Ответ

Укажите максимальную погрешность определения потребляемой тепловой энергии на коммерческом пункте расчета.

1. 2%
2. 4%
3. 6%

Билет №14

1. Основные энергосберегающие мероприятия в жилых и общественных зданиях.
2. Соотношение расхода тепловой энергии (отопление и гвс) для жителей НСО (расчетная температура наружного воздуха -32 2С И длительность отопительного периода 250 дней) и Центральной России НСО (расчетная температура наружного воздуха -15 2С И длительность отопительного периода 150 дней).
3. Что должно быть отражено в проекте узла учета тепловой энергии.

Тестовые вопрос Укажите численные значения

С какой целью ТЭНы для электрокалориферов выполняют с алюминиевым оребрением?

1. Для снижения температуры поверхности.
2. Для увеличения механической прочности.
3. Для повышения КПД.
4. Для увеличения теплового потока.

Полезная тепловая нагрузка потребителей, подключённых к электродотельной, постоянна в течение зимних суток и составляет 200 кВт. Электродотельная работает по принудительному графику с аккумуляцией теплоты. Разрешённая продолжительность включения электродотлов равна 8 ч в сутки. Чему должна быть равна мощность электродотельной, если пренебречь тепловыми потерями?

1. 25 кВт.
2. 600 кВт.
3. 400 кВт.
4. 1600 кВт.

Билет №15

1. Связь энергосбережения и энергоэффективности. Зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости потока и его влияние на энергопотребление систем отопления предприятия.
2. Типы датчиков температуры, используемых в системах контроля энергетических показателей объекта.
3. Какое термическое сопротивление учитывают при тепловом расчёте ТЭНа?

Тестовые вопросы Укажите численные значения

Какое термическое сопротивление учитывают при тепловом расчёте ТЭНа?

1. Термическое сопротивление на границе “оболочка – окружающий воздух”.
2. Термическое сопротивление на границе “спираль – наполнитель”.
3. Термическое сопротивление на границе “оболочка – наполнитель”.
4. Термическое сопротивление спирали.

Укажите единицу термического сопротивления:

1. Вт/м².
2. Вт/°С.
3. °С/Вт.
4. Вт·°С.

Ответ

Билет №16

1. Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий на основе данных приборов учета энергетических ресурсов
2. Принцип работы и область использования тепловизоров при оценке энергоэффективности зданий.
3. Расчет тепловой изоляции трубопровода.

Тестовые вопросы Укажите численные значения

Какой способ теплопередачи используется в энергетике наиболее часто?

1. Лучеиспускание
2. Теплопередача конвекцией.
3. Конвективная теплопередача.
4. Конвективно-кондуктивная.

Ответ

Количество топлива потребленного жилым домом площадью 100 м² при КПД источника теплоты 70% и калорийности топлива 5 Гкал/т. Регион – Западная Сибирь?

1. 12 т/год.
2. 9 т/год.
3. 7.8 т/год.
4. 3.8 т/год.

Ответ

Билет №17

1. Тепловой баланс птицеводческого помещения.
2. Основные энергосберегающие мероприятия в животноводческих помещениях.
3. Приборы контроля для оценки энергоэффективности зданий.

Тестовые вопросы Укажите численные значения

Какие параметры системы теплоснабжения обязательно фиксирует тепловычислитель(контроллер)?

1. Потребление тепловой энергии, параметры теплоносителя, аварийные ситуации, наработку в часах.
2. Потребление тепловой энергии, параметры теплоносителя, аварийные ситуации, наработку в часах, график потребления тепловой энергии, давление в трубопроводах, температуру наружного воздуха

Укажите основные два недостатка измерения расхода теплоносителя методом переменного перепада давления(диафрагма)

1. Большая погрешность
2. Потери давления на диафрагме.
3. Сложность монтажа
4. Необходимость пересчета объемного расхода в массовый.

Билет №18

1. Основные пути повышения энергоэффективности зданий.
2. Закон Стефана –Больцмана и использования его для реализации энергосберегающих технологий в АПК.
3. Принципиальная схема узла учета тепловой энергии.

Тестовые вопросы Укажите численные значения

Какой способ теплопередачи используется в энергетике наиболее часто?

1. Лучеиспускание
2. Теплопередача конвекцией.
3. Конвективная теплопередача.
4. Конвективно-кондуктивная.

Ответ

С какой целью ТЭНы для электрокалориферов выполняют с алюминиевым ребрением?

1. Для снижения температуры поверхности.
2. Для увеличения механической прочности.
3. Для повышения КПД.
4. Для увеличения теплового потока.

Билет №19

1. Сельскохозяйственное производство Сибири – оценка возможности создания автономных систем энергоснабжения.
2. Оценка сравнительной энергоэффективности сельскохозяйственного производства России и Германии.
3. Электромеханические датчики расхода энергоносителя. Достоинства и недостатки.

Количество топлива потребленного жилым домом площадью 100 м² при КПД источника теплоты 70% и калорийности топлива 5 Гкал/т. Регион – Западная Сибирь?

1. 12 т/год.
2. 9 т/год.
3. 7.8 т/год.
4. 3.9 т/год.

Тестовые вопросы Укажите численные значения

Температура в помещении 10 гр. Цельсия, наружного воздуха -10 гр. Цельсия. В сколько раз изменятся теплопотери через ограждающие конструкции при понижении температуры наружного воздуха до -30 гр. Цельсия при прочих равных условиях

Ответ

1. Увеличатся в 3 раза
2. Уменьшатся в 2 раза
3. Увеличатся в 2 раза
4. Увеличатся в 4 раза

Билет №20

1. Сопоставление энерго-эффективности производства России и США при учете агроклиматических показателей.
2. Упрощенный расчет теплопотребления жилого дома.
3. Регулировка систем теплоснабжения здания.

Тестовые вопросы Укажите численные значения

Какое термическое сопротивление ограждающих конструкций является приемлемым для основных потребителей тепловой энергии на селе (Новосибирская обл.), м² * С0 /Вт

1. 1.5
2. 3.5
3. 4.5
4. 0.8

Температура в помещении 10 гр. Цельсия, наружного воздуха -10 гр. Цельсия. В сколько раз изменятся теплопотери через ограждающие конструкции при понижении температуры наружного воздуха до -30 гр. Цельсия при прочих равных условиях

1. Увеличатся в 3 раза
2. Уменьшатся в 2 раза
3. Увеличатся в 2 раза
4. Увеличатся в 4 раза

Ответ