

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАЛИНИНГРАДСКИЙ ФИЛИАЛ**

КАФЕДРА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

по дисциплине

ТЕПЛОТЕХНИКА

для студентов подготовки бакалавриата по направлению

110800,62 «Агроинженерия»

профиль - Технические системы в агробизнесе.

Очная и заочная форма обучения

Полесск
2012 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ по дисциплине «Теплотехника» /сост. к.т.н., А.С. Рожков – Полесск: Калининградский филиал ФГБОУ ВПО СПбГАУ, 2012., 41с.

Методические рекомендации предназначены для студентов подготовки бакалавриата по направлению 110800,62 “Агроинженерия”, профиль Технические системы в агробизнесе.

Рассмотрено на заседании кафедры Механизация сельского хозяйства
(протокол №1 от «26» октября 2012 г.).

Методическое указание одобрено УМО Калининградского филиала ФГБОУ
ВПО СПбГАУ
(протокол № от « __ » _____ 20 г)

ВВЕДЕНИЕ

В общем энергетическом балансе сельского хозяйства большое место занимает тепловая энергия. На ее долю приходится около 90% всей потребляемой сельским хозяйством энергии, получаемой в основном за счет сжигания топлива.

Создание крупных животноводческих комплексов на промышленной основе, теплично-парниковых хозяйств, большое капитальное строительство жилых, культурно-бытовых и производственных зданий в совхозах и колхозах еще больше увеличит удельный вес тепловой энергии в общем энергетическом балансе. Поэтому развитие сельской теплофикации является одним из важнейших условий подъема сельского хозяйства, перевода его на промышленную основу, повышения его эффективности для улучшения снабжения населения продуктами питания.

Эффективное и экономичное использование тепловой энергии в сельском хозяйстве требует постоянного совершенствования теплотехнических процессов, утилизации тепловых отходов промышленных предприятий для сельскохозяйственных нужд, а также использования низкопотенциальных источников теплоты. В связи с этим, актуальными становятся такие теплотехнические отрасли сельского хозяйства, как получение биотоплива и конструирование устройств, в которых это топливо можно сжечь и преобразовать в тепловую или электрическую энергию.

Важной проблемой теплоэнергетики, в том числе и сельскохозяйственной, является охрана окружающей среды. В связи с этим большое значение приобретает подготовка высококвалифицированных специалистов, способных решать вопросы эффективного и экономичного использования тепловой энергии в сельском хозяйстве.

Раздел I. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Теплотехника» изучается студентами заочниками на III курсе в соответствии с учебным планом для студентов подготовки бакалавриата по направлению 110800,62 «Агроинженерия».

Студенты-заочники самостоятельно изучают дисциплину по основным рекомендованным учебникам. Для более глубокого изучения отдельных тем и вопросов рекомендуется дополнительная литература.

Если при изучении курса возникнут затруднения, которые студент не в состоянии самостоятельно разрешить, он может в письменной форме обратиться к преподавателю или получить устную консультацию на кафедре.

Закончив изучение материала по тому или другому разделу, необходимо в целях лучшего усвоения ответить на вопросы для самопроверки.

После изучения теоретического материала студент приступает к выполнению индивидуального контрольного задания.

Выполненная контрольная работа высылается в университет на рецензирование (в электронном виде).

Приезжая на лабораторно-экзаменационную сессию в университет, студент слушает лекции по наиболее сложным темам дисциплины и выполняет лабораторные занятия; завершается курс сдачей зачета и экзамена. К зачету, допускаются, студенты, выполнившие контрольные задания и лабораторные работы.

Кафедра механизации сельского хозяйства Калининградского филиала ФГБОУ ВПО СПбГАУ находится по адресу: 238630 Калининградская область, г. Полесск, ул. Советская 10, кааб. 26.

Раздел II.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ КУРСА

Введение

При изучении данного курса, необходимо уяснить роль и значение теплоэнергетики в народном хозяйстве РФ, развитие и современный уровень отечественной и мировой теплоэнергетической науки и техники; уделить внимание работам отечественных ученых и инженеров по разработке теоретических проблем теплотехники и созданию наиболее экономичных и перспективных типов и конструкций тепловых машин, агрегатов и аппаратов.

Обратите особое внимание на основные тенденции в развитии теплоэнергетического хозяйства Российской Федерации.

Часть 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ

1.1. Техническая термодинамика. Основные понятия и определения.

Изучение законов взаимного превращения теплоты и работы и установление эффективных способов осуществления этого превращения — одна из важнейших задач курса «Техническая термодинамика».

В основу технической термодинамики положены первое и второе начала термодинамики. Приступая к ее изучению, студент должен четко представлять себе основные свойства и параметры состояния рабочих тел, используемых в тепловых машинах, знать законы связи между этими параметрами не только для идеальных газов, но и для реальных газов. Твердо усвоить такие понятия, как энергия, теплота, работа, термодинамический процесс, термодинамическая система, равновесные и неравновесные состояния, так как на основе этих понятий пойдет дальнейшее изложение материала.

Вопросы для самопроверки

1. Каково значение теплоэнергетики в народном хозяйстве РФ?
2. Основные вопросы технической термодинамики.
3. Какими параметрами, характеризуется состояние газа и каковы единицы измерения этих параметров?
4. Написав уравнение Клапейрона-Менделеева, укажите, в каких единицах измеряются величины, входящие в него, объясните физический смысл газовой постоянной.
5. Объясните понятие кило-моля вещества. Напишите уравнение состояния для кило-моля идеального газа. Объясните физический смысл универсальной газовой постоянной.

1.2. Теплоемкость

В тепловых расчетах, связанных с определением количества теплоты, большое значение имеет теплоемкость рабочего тела. При изучении этого вопроса необходимо разобраться в различии между истинной и средней теплоемкостями, обратив особое внимание на зависимость теплоемкости газов от температуры, а также усвоить разницу между единицами измерения массовой, объемной и молярной теплоемкостей. При рассмотрении молярной теплоемкости газов следует усвоить, что молярные теплоемкости, если пренебречь их зависимостью от температуры, зависят от характера процесса и атомности газов.

Например, в процессе при постоянном объеме молярные теплоемкости двухатомных газов равны 20,93 кДж/(моль·К), трехатомных газов — 29,3 кДж/(моль·К).

Обратите внимание на то, что в отличие от теплоемкости жидких и твердых тел, теплоемкость газов всецело зависит от вида термодинамического процесса и может изменяться от $-\infty$ до $+\infty$, при этом важно усвоить понятие об отрицательной (меньше нуля)

теплоемкости газов. Значения массовой, объемной и молярной теплоемкостей могут быть вычислены по эмпирическим формулам или взяты из таблиц.

Вопросы для самопроверки

1. Какова зависимость между массовой, объемной и молярной теплоемкостями?
2. Что называется средней и истинной теплоемкостями?
3. Какова связь между изохорной и изобарной теплоемкостями?
4. Какова зависимость теплоемкости идеального газа от температуры?

1.3. Смеси идеальных газов

При изучении темы «СМЕСИ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ» нужно обратить внимание на понятие парциального объема компонентов газовой смеси, а также на понятие «кажущейся» молекулярной массы газовой смеси, так как знания этой массы позволяет распространить формулы, выведенные для однородного идеального газа, на смесь газов.

Вопросы для самопроверки

1. Как формулируется закон Дальтона для смеси идеальных газов?
2. Назовите способы задания состава смеси газов.
3. Что называется приведенным (парциальным) объемом компонента газовой смеси и как он определяется?
4. Что называется «кажущейся» молекулярной массой смеси газов и как она вычисляется?
5. Как определить газовую постоянную смеси газов?

1.4. Первый закон термодинамики

Первый закон термодинамики - является частным случаем закона сохранения и превращения энергии и имеет большое прикладное значение при решении вопросов анализа тепловых процессов, при составлении их энергетических балансов, то есть соотношения между теплотой, механической работой и изменением внутренней энергии газа в термодинамическом процессе.

Необходимо разобраться в физической сущности понятий: внутренняя энергия, теплота и работа. При этом надо обратить внимание, что внутренняя энергия идеального газа зависит только от абсолютной температуры, поэтому изменение внутренней энергии газа не зависит от вида процесса и в любом термодинамическом процессе определяется по одной и той же формуле.

Вопросы для самопроверки

- 1.** Каковы общая формулировка и математическое выражение первого закона термодинамики?
- 2.** Дайте определение и объясните физическую сущность величин, входящих в уравнение первого закона термодинамики.
- 3.** Как определяется изменение внутренней энергии идеального газа в термодинамическом процессе?
- 4.** Как определяются теплота и механическая работа в термодинамическом процессе?
- 5.** Что называется энтальпией газа? Покажите, что в процессе при постоянном давлении количество подведенной теплоты равно разности конечной и начальной энтальпий.

1.5. Второй закон термодинамики

ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ, УСТАНОВЛИВАЕТ УСЛОВИЯ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И НАПРАВЛЕНИЕ САМОПРОИЗВОЛЬНОГО ПРОТЕКАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ. ТЕПЛОТА САМОПРОИЗВОЛЬНО, ТО ЕСТЬ ЕСТЕСТВЕННЫМ ПУТЕМ, ПЕРЕДАЕТСЯ ОТ ТЕЛ НАГРЕТЫХ, К ТЕЛАМ МЕНЕЕ НАГРЕТЫМ, А ПРЕВРАЩЕНИЕ ТЕПЛОТЫ В РАБОТУ ПРОИСХОДИТ ТОЛЬКО ПРИ НАЛИЧИИ ДВУХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ: ГОРЯЧЕГО И ХОЛОДНОГО. В ОСНОВЕ РАБОТЫ ЛЮБОГО ТЕПЛОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ОБЯЗАТЕЛЬНО ИМЕЕТ МЕСТО КАКОЙ-ЛИБО ЦИКЛ. ВАЖНЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛОВ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ ИХ ТЕРМИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ (КПД), КОТОРЫЙ БУДЕТ УВЕЛИЧИВАТЬСЯ С УВЕЛИЧЕНИЕМ КОЛИЧЕСТВА ПОДВЕДЕННОЙ ТЕПЛОТЫ И С УМЕНЬШЕНИЕМ КОЛИЧЕСТВА ОТВЕДЕННОЙ ТЕПЛОТЫ. ПРИ РАССМОТРЕНИИ ПРЯМОГО ЦИКЛА КАРНО НЕОБХОДИМО ОБРАТИТЬ ВНИМАНИЕ НА ТО, ЧТО ПРИ ЗАДАННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ГОРЯЧЕГО И ХОЛОДНОГО ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ ИЗ ВСЕХ ВОЗМОЖНЫХ ЦИКЛОВ ЦИКЛ КАРНО ЯВЛЯЕТСЯ НАИВЫГОДНЕЙШИМ, ТО ЕСТЬ ИМЕЕТ НАИБОЛЬШИЙ ТЕРМИЧЕСКИЙ КПД.

ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОБРАТНОГО ЦИКЛА КАРНО, ЛЕЖАЩЕГО В ОСНОВЕ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ, СЛЕДУЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПОЛОЖЕНИЕ ВТОРОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ О НЕВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛА ОТ МЕНЕЕ НАГРЕТОГО ТЕЛА БОЛЕЕ НАГРЕТОМУ БЕЗ СОВЕРШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.

В ТЕСНОЙ СВЯЗИ СО ВТОРЫМ ЗАКОНОМ ТЕРМОДИНАМИКИ НАХОДИТСЯ ПОНЯТИЕ ЭНТРОПИИ. СЛЕДУЕТ РАЗОБРАТЬСЯ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭНТРОПИИ И РАССМОТРЕТЬ ТЕПЛОВУЮ ДИАГРАММУ $T-s$, ИМЕЯ В ВИДУ, ЧТО С ПОМОЩЬЮ ЭТОЙ ДИАГРАММЫ РЕШАЮТСЯ СЛОЖНЫЕ ЗАДАЧИ ПО РАСЧЕТУ ТЕПЛОВЫХ МАШИН И АППАРАТОВ. НЕОБХОДИМО УСВОИТЬ, ЧТО ИЗМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИИ В ЛЮБОМ ПРОЦЕССЕ БУДЕТ ПРОПОРЦИОНАЛЬНО ТЕПЛОЕМКОСТИ ГАЗА.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные формулировки второго закона термодинамики?
2. Что называется термическим коэффициентом полезного действия цикла тепловой машины?
3. Что называется энтропией рабочего тела? Каково ее математическое определение?
4. Какая связь между изменениями энергии рабочего тела и количеством подведенной теплоты в термодинамическом процессе?
5. Изобразите цикл Карно в координатах $p-v$ и $T-s$ и коротко сформулируйте его термодинамическую сущность.
6. Почему цикл Карно имеет самый высокий термический КПД в заданном интервале температур.

1.6. Исследование термодинамических процессов

В технической термодинамике сначала рассматриваются основные частные случаи процессов, изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный, а затем обобщающий процесс.

Политропный процесс — любой термодинамический процесс, протекающий с постоянной теплоемкостью и имеющий постоянный показатель политропы процесса. Из уравнения политропного процесса $p v^n = \text{const}$ можно легко получить уравнение любого термодинамического процесса. Важно уяснить связь между показателем политропы и характером изменения состояния газа. Это удобно сделать путем графического анализа политропного процесса в системе координат $p-v$ и $T-s$, так как в этом случае можно наглядно проследить характер процесса при изменении показателя политропы в пределах от $-\infty$ до $+\infty$. Обратите при этом особое внимание на политропные процессы, протекающие с отрицательными (меньше нуля) теплоемкостями.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение политропного процесса. При каких значениях показателя политропы, имеют место основные термодинамические процессы?
2. Как определяются теплота, изменение внутренней энергии и работа в политропном процессе?
3. Как определяется теплоемкость идеального газа в политропном процессе?
4. Охарактеризуйте процесс, в котором работа совершается за счет уменьшения внутренней энергии рабочего тела. Изобразите его в $p-v$ и $T-s$ -координатах.
5. Покажите в $p-v$ и $T-s$ координатах политропные процессы, протекающие с отрицательными теплоемкостями. Дайте их характеристику.

1.7. Идеальные циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.

Термодинамические основы компрессорных машин.

Рассмотрите циклы, по которым работают поршневые двигатели внутреннего сгорания и компрессоры; проведите аналитический и графический (в системах координат $p-v$, $T-s$) анализы этих циклов.

Обратите особое внимание на цикл двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты, так как по этому циклу осуществляются рабочие процессы подавляющего большинства современных двигателей с воспламенением от сжатия.

При одинаковых степенях сжатия, цикл Д.В.С. с изохорным подводом теплоты, является наиболее экономичным по сравнению с циклом с изобарным подводом теплоты и с циклом со смешанным подводом теплоты.

Экономичность циклов Д.В.С. зависит от их степени сжатия, степени повышения давления и степени предварительного расширения.

Вопросы для самопроверки

1. Покажите относительную эффективность циклов Д.В.С. при одинаковых степенях сжатия.

2. Покажите относительную эффективность циклов Д.В.С. при одинаковых наивысших температурах.
3. Покажите в $p-v$ координатах рабочий процесс одноступенчатого поршневого компрессора.
4. Приведите термодинамическое обоснование многоступенчатого сжатия газов в компрессоре.

1.8. Водяной пар. Влажный воздух.

Значительное место в термодинамике отводится изучению свойств паров (главным образом водяного пара).

Пары могут менять свое состояние, превращаться в жидкость. При этом законы, которым они подчиняются, в области, близкой к сжижению, очень сильно отклоняются от законов идеального газа. Это исключает возможность применения законов идеальных газов для паров.

Аналитическое определение параметров состояния паров затруднено тем, что зависимость между этими параметрами (уравнения состояния) получается очень сложной. Поэтому параметры состояния определяются по таблицам или диаграммам. Особенно большое значение имеет $h-s$ диаграмма, которая в практике используется очень широко. Каждый студент должен уметь пользоваться данной диаграммой, т. е. определять параметры состояния рабочего тела и строить в $h-s$ координатах основные термодинамические процессы (изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный).

Знание свойств влажного воздуха имеет большое значение. Ознакомьтесь с основными параметрами влажного воздуха. Особое внимание нужно уделить диаграмме $h-s$ влажного воздуха, т.к. с помощью этой диаграммы ведутся расчеты процессов сушки различных продуктов, кондиционирования воздуха в животноводческих помещениях и др. процессы.

Вопросы для самопроверки:

1. Изобразите в p - v координатах процесс парообразования и разберите его особенности.
2. Как определяются параметры влажного насыщенного пара?
3. Изобразите в T – S и h – s координатах процесс превращения воды в перегретый пар. Покажите в них количество теплоты подведенной к воде и пару.
4. Что называется абсолютной и относительной влажностью воздуха?
5. Что понимается под влагосодержанием влажного воздуха?
6. Как определяется энтальпия влажного воздуха?

1.9. Истечение и дросселирование паров и воздуха.

В современной практике широко используется процесс истечения паров и газов. Работа паровых и газовых турбин, реактивных двигателей и многих других машин, основана на использовании кинетической энергии движущегося пара или газа. При изучении процесса истечения пара и газа, необходимо четко проанализировать уравнения, определяющие скорость истечения, секундный расход и площадь сечения сопла, уяснить понятие критической скорости и соответствующих критических параметров ($p_{кр}$; $V_{кр}$; $h_{кр}$; $T_{кр}$); рассмотреть применение сопла Лавалья.

Под процессом дросселирования газа или пара (мятия), понимают необратимый процесс изменения его состояния, протекающий тогда, когда газ или пар, протекая по трубопроводу, встречает на своем пути сопротивление, обусловленное местным сужением сечения трубопровода, при этом скорость газа или пара возрастает, как и при истечении, а давление падает. При изучении этого явления, уделите особое внимание эффекту Джоуля-Томпсона (дросель – эффект), так как им пользуются в холодильных установках.

Вопросы для самопроверки

1. Напишите основное уравнение газового потока и дайте характеристику его составляющим.
2. Как определяется критическая скорость истечения газа?

3. Напишите уравнение массового расхода и проведите его исследование.
4. Покажите процесс истечения газа в h - s диаграмме.
5. Напишите уравнение первого закона термодинамики для потока, при дросселировании газа.
6. Что называется температурой инверсии?

1.10. Циклы паросиловых установок, холодильных установок, тепловых насосов.

Изучение термодинамических циклов паросиловых установок следует начинать с цикла Карно, уяснения себе причины не применимости его в реальных паросиловых установках. Затем необходимо рассмотреть основной цикл паросиловой установки — цикл Ренкина, после чего переходить к изучению более сложных циклов: цикла с промежуточным перегревом, теплофикационного, регенеративного циклов, уделяя при этом внимание вопросам их экономичности.

В заключение следует рассмотреть холодильных установок, которое используются в промышленности и сельском хозяйстве.

Вопросы для самопроверки

1. Изобразите в системах координат p - v и h - s идеальный цикл простейшей паросиловой установки и дайте к нему необходимые пояснения.
2. Изобразите в системе координат h - s теплофикационный цикл и объясните причины его экономичности.
3. Объяснив причины применения цикла с промежуточным перегревом пара в современных паросиловых установках с *высокими* и сверхвысокими параметрами пара.
4. Назовите пути увеличения термического КПД паросиловой

установки.

5. Изобразите в $T-s$ координатах цикл паровой компрессионной холодильной установки.

6. Объясните принцип работы теплового насоса.

1.11. Теория тепло - и массообмена.

Процесс передачи теплоты очень сложный, поэтому его при изучении разделяют на простые явления: теплопроводность, конвективный теплообмен и теплоизлучение.

Изучение процесса теплопроводности надо начать с основных понятий: стационарного и нестационарного температурного поля, температурного градиента и теплового потока.

Основной закон теплопроводности — закон Фурье устанавливает зависимость между величиной теплового потока и градиентом температуры. Коэффициент теплопроводности тел характеризует способность тел проводить теплоту, надо уметь правильно находить его величину для различных тел.

Работая над разделом «Теплопроводность», студент должен научиться определять количество теплоты проходящей через однослойную и многослойную плоскую и цилиндрическую стенку при стационарных процессах теплопроводности, усвоить законы изменения температуры внутри таких тел.

В сельском хозяйстве находят широкое применение различные теплообменные аппараты с внутренними источниками теплоты, например электрические водонагреватели. Поэтому необходимо обратить внимание на расчет процессов теплопроводности тел с внутренними источниками тепла.

Конвективный теплообмен тесно связан с физическими свойствами теплоносителя и характером его движения. Поэтому изучать конвективный теплообмен нужно после знакомства с основами гидроаэродинамики. В

результате этого должно сложиться ясное представление о видах движения жидкостей и газов — свободном и вынужденном и режимах ламинарном, турбулентном, а также о природе пограничного слоя (гидродинамического и теплового).

Необходимо хорошо разобраться в сущности теории гидродинамического и теплового подобия.

Интенсивность конвективного теплообмена зависит от самых различных факторов, поэтому конвективный теплообмен изучается в *ОСНОВНОМ* экспериментальным путем. Величины коэффициента теплоотдачи конвекцией определяются на основе фундаментальной связи между тепловыми и гидродинамическими членами (критериями) подобия. Обратите основное внимание на числа подобия, входящие в расчетные формулы, и на метод их нахождения по определяющим геометрическим размерам и температурам, при которых физические константы берутся из таблицы. Уясните, как влияют на характер эмпирических зависимостей режим движение теплоносителя (ламинарный или турбулентный) и род движения (свободный или вынужденный).

Необходимо научиться вычислять числа подобия Рейнольдса и по их величине определять режим движения теплоносителя.

Следует запомнить основные числа подобия, применяемые при расчете конвективного теплообмена (критерии Nu , Re , Pr , Gr), четко разобравшись в их физической сущности, а также запомнить структуру основных эмпирических уравнений конвективного теплообмена. Запоминать конкретные эмпирические уравнения не нужно, однако необходимо на основе анализа этих уравнений уметь объяснять механизм теплообмена в различных условиях и давать им сравнительную оценку.

Особое внимание необходимо обратить на пути **ИНТЕНСИФИКАЦИИ** конвективного теплообмена (**ВЛИЯНИЕ** скорости

движения, диаметра труб, формы пучка и т. д.). При изучении агрегатного состояния, следует рассмотреть природу перехода от пузырьчатого режима кипения к пленочному и уяснить физическую природу снижения коэффициента теплоотдачи при появлении на стенке паровой пленки. В данном случае, нужно ясно представить себе опасности, связанные с применением критической тепловой нагрузки.

Разделение теплообмена на три вида (теплопроводность, конвективный и лучистый теплообмен) является условным и проведено по методическим соображениям. В действительности, теплообмен во всякого рода аппаратах и устройствах происходит одновременно всеми видами переноса теплоты.

Теплопередачу необходимо рассматривать как сложный процесс теплообмена, уяснив при этом, назначение и классификацию аппаратов по принципу действия (рекуперативные, регенеративные и смешительные).

В курсе «Общая теплотехника» рассматривается расчет рекуперативных и регенеративных теплообменников.

Цель расчетов при проектировании новых аппаратов заключается в определении величины площади поверхности нагрева. Для работающих аппаратов, когда поверхность нагрева известна, целью расчета являются установка режима работы аппарата, определение конечных температур теплоносителей и коэффициента теплопередачи.

Необходимо ясно представлять различие в схемах прямоточного и противоточного рекуперативных теплообменников, разбираться в вычислениях среднего температурного напора в каждой из схем и уметь давать сравнительную характеристику той и другой схемам. Студенты должны знать, в каких случаях необходимо определить среднюю логарифмическую разности температур, и в каких можно пользоваться

средней арифметической разностью.

Во многих теплообменных аппаратах происходят процессы, сопровождающиеся переносом массы. Примерами таких процессов *могут служить* процессы сушки, испарения, абсорбции и др. Если теплообмен характеризуется выравниванием температур, то массообмен проявляется в выравнивании концентраций вещества.

Изучение темы надо начать с усвоения основных терминов и понятий: диффузия молекулярная и молярная, термодиффузия и др. Далее нужно ознакомиться с законом Фурье, характеризующим интенсивность концентрационной диффузии, обратив при этом внимание на его аналогию с законом Фурье. Необходимо разобрать и усвоить такие понятия, как плотность потока массы, коэффициент молекулярной диффузии.

При сушке влажных материалов, механизм переноса теплоты и влаги отличается от процессов, протекающих при испарении жидкости со свободной поверхности. Изучите основные законы переноса теплоты и массы во влажных материалах. Числа подобия тепломассообмена, основные критериальные уравнения, коэффициенты переноса теплоты и вещества.

Вопросы для самопроверки

1. Объясните отличие в механизме переноса трех элементарных видов теплообмена.
2. Как формулируется основной закон теплопроводности - закон Фурье, в дифференциальной и конечной формах? Дайте определение этого закона.
3. В чем различие процессов теплопередачи и теплоотдачи?
4. Какие существуют основные формы движения жидкости и какая

между ними разница? Переходит *ли* одна форма движения жидкости в другую, и если переходит, то при каких условиях? Почему теплоотдача *соприкосновением* при турбулентном движении, происходит интенсивней, чем при ламинарном?

5. В чем сущность теории подобия?
6. Какими основными безразмерными критериями определяется конвективный теплообмен? Каков физический смысл этих критериев?
7. Какие факторы влияют на величину коэффициента теплоотдачи в каналах при продольном движении потока и какие существуют формулы для определения этого коэффициента?
8. Какие факторы влияют на величину коэффициента теплоотдачи в пучках труб при поперечном обтекании их потоком и какие существуют формулы для определения этого коэффициента?
9. Напишите уравнение и дайте определение закона Стефана-Больцмана для теплового излучения.
10. В чем отличие газового излучения от излучения твердых тел?
11. Какие бывают случаи движения теплоносителя в теплообменных аппаратах? Как меняется температура теплоносителей? Как определяется средний температурный напор в теплообменном аппарате при различных схемах движения теплоносителя?
12. Дайте сравнительную характеристику прямоточной и противоточной схемы движения теплоносителей в поверхностных теплообменных аппаратах.
13. В чем заключаются особенность расчета теплообменных

аппаратов с внутренними источниками теплоты?

- 14.** Как формулируется закон молекулярной диффузии (закон Фикэ) в дифференциальной форме? Объясните физический смысл коэффициента молекулярной диффузии, градиента концентрации.
- 15.** В чем различие молекулярного и молярного переноса массы? Каков смысл кинематического коэффициента перенос.

Часть 2. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ.

2.1. Котельные установки.

Приступая к изучению данного раздела, студент должен уяснить, что современный котельный агрегат — это сложное устройство, состоящее из большого количества элементов различного назначения. Разобраться в этом вопросе надо по схемам котельных установок и по описаниям, приведенным в учебниках. Затем следует ознакомиться с основными характеристиками котельных агрегатов, с направлением развития котельной техники.

Изучение топок следует начинать с принципиальных схем топочных устройств, после чего приступить к изучению их конструктивных особенностей.

Наиболее экономичными видами топлива являются природный газ и мазут, которые служат технологическим сырьем для химической промышленности, в связи с этим их использование в энергетике и в сельском хозяйстве будет увеличиваться. Поэтому надо уделить больше внимания принципу работы и конструкциям топок для сжигания этого топлива.

При работе над темой «Котельные агрегаты», необходимо уяснить сущность процесса парообразования в котле.

При изучении конструкции котлов и их работы следует обратить особое внимание на котлы, применяемые в сельском хозяйстве, а именно: не котлы - парообразователи типа КМ, КВД—721 производительностью 100—900 кг пара в час, а также на котлы типа ДКВР производительностью от - 2,5 до 20 т/ч, которые в настоящее время, успешно применяются в сельскохозяйственном производстве.

Вопросы для самопроверки

1. Какова принципиальная схема компоновки оборудования в современной котельной?
2. Какие существуют способы сжигания топлива в топках паровых котлов? Какие существуют типы котельных топок?
3. Почему для осуществления процесса полного горения, приходится подавать избыточное количество воздуха? Что называется коэффициентом избытка воздуха? Поясните его физическое значение для различных типов топок и котлов? Чем определяются эти значения?
4. Какие причины вызывают потери при механической и химической неполноте сгорания топлива, - какова величина этих потерь для основных видов топлива и основных типов топок? Какие характеристики топлива и в каком направлении влияют на величину этих потерь?
5. Что определяет тепловое напряжение топочного пространства и тепловое напряжение зеркала горения? Каков порядок величин этих параметров для слоевых топок? Каковы приблизительные значения теплонапряжения топочного пространства для камерных топок при различных видах топлива?
6. Каким путем отдается теплота продуктов сгорания поверхности нагрева в топке? Каковы при этом средства увеличения и уменьшения количества теплоты?
7. Какие существуют типы механизированных слоевых топок и какова область их применения по роду топлива и паропроизводительности котельного агрегата?
8. Какие существуют типы мельниц для размола топлива? Область их применения.
9. Какие существуют типы камерных топок для сжигания пылевидного, жидкого и газообразного топлива? Назовите существующие типы горелок для жидкого, газообразного и пылевидного топлива.

10. Напишите уравнение теплового баланса котла и охарактеризуйте каждую составляющую баланса.

11. Каковы основные схемы пароперегревателей, водяных экономайзеров и воздухоподогревателей?

12. Расскажите об основных правилах техники безопасности при эксплуатации котлов.

2.2. Теплогенераторы

Теплогенераторы широко используются в сельском хозяйстве для создания микроклимата в животноводческих, птицеводческих, производственных помещениях, в теплицах и парниках; применяются они и для сушки зерна, трав, семян и т. д. В холодное время их используют для прогрева двигателей тракторов и автомобилей перед пуском. Ознакомьтесь с устройством теплогенераторов, их типами и краткими характеристиками. В сельское хозяйство поступают теплогенераторы следующих марок: ТГ—75 ТГ—150 ТГ—1,5Д; ТГ—2,5А; ТГ—3,5А; ТГ—400, ТГ—1ЭЗС, ВПТ-4Э0, ВПТ—600, УТ—130, VT—1E0. Изучите устройство топливной системы, тягодутьевые устройства горелки для сжигания топлив, систему автоматического управления.

Наряду с теплогенераторами, находят применение газовые водонагреватели и газовые отопительные приборы. Рассмотрите типы этих приборов, их назначение, устройство и принцип работы.

Вопросы для самопроверки:

- 1.** Как подсчитывается расход топлива теплогенераторов?
- 2.** Каковы основные правила техники безопасности при эксплуатации теплогенератора?
- 3.** Назовите область применения в сельскохозяйственном производстве газовых отопительных приборов.
- 4.** Как рассчитывается число газовых горелок инфракрасного излучения для обогреваемого помещения?

2.3. Тепловые двигатели и компрессоры.

Компрессорные машины

Компрессорные машины предназначены для перемещения рабочего тела и повышения его давления. Студенту необходимо знать принцип работы компрессора, усвоить его устройство и классификацию компрессорных машин. Усвоить формулы для определения мощности, потребляемой охлаждаемыми и неохлаждаемыми компрессорами, их различие, обратить внимание на понятия полного адиабатного и изотермического КПД компрессора.

Вопросы для самопроверки:

1. Расскажите о классификации компрессорных машин и принципе работы компрессора.
2. Опишите принцип работы и устройства поршневого одноступенчатого компрессора. Приведите его действительную индикаторную диаграмму. Чему равна его действительная производительность?
3. Приведите индикаторную диаграмму многоступенчатого поршневого компрессора. Почему многоступенчатое сжатие уменьшает работу сжатия?
4. Напишите и объясните формулы основных КПД компрессора.
5. Объясните принцип работы радиальных и осевых компрессоров.
6. Как производится выбор вентиляторов?
7. Каковы особенности последовательной и параллельной работы вентиляторов в сети?

Часть 3. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОТЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Современное сельское хозяйство является крупным потребителем тепловой энергии: теплота используется как для ведения технологических процессов таких, как сушка различных сельскохозяйственных продуктов и, прежде всего, зерна, тепловая обработка кормов, пастеризация молока и др., так и для отопления и вентиляции различных животноводческих, производственных и культурно-бытовых помещений.

При переводе сельскохозяйственного производства на промышленную основу, использование тепловой энергии непрерывно возрастает, но доля ее в себестоимости сельскохозяйственной продукции еще велика. В стоимости производства тепловой энергии в сельском хозяйстве большую часть составляют расходы на топливо и на оплату обслуживающего персонала.

Увеличение производстве тепловой энергии должно быть связано с одновременным сокращением удельных расходов топлива и затрат труда, а это возможно лишь при использовании современного теплотехнического оборудования, оснащенного средствами автоматики, при правильном выборе рациональных схем теплоснабжения. Обратите внимание на специфику теплопотребления в сельском хозяйстве, современные теплоэнергетические установки и способы повышения их экономичности; на источники тепловой энергии в сельской хозяйстве.

3.1. Основы теплофизики сельскохозяйственных производственных сооружений.

При изучении раздела «Основы теории тепло- и массообмена» вы уже ознакомились с основными видами переноса теплоты и массы. Необходимо обратить внимание на основы теплофизики процессов переноса теплоты, влаги и воздуха в конструкциях и помещениях зданий различного сельскохозяйственного назначения. Учитывая, что механизм переноса теплоты и массы различен, нужно знать для изучения этих различий теплофизические константы переноса и внешние движущие силы, вызывающие и поддерживающие перенос теплоты, воздуха и влаги. Ознакомьтесь с методами расчета количества теплоты, необходимой для поддержания оптимальной (расчетной) температуры в помещении; здесь нужно учесть, что теплоотдача животными является активной частью теплового баланса в животноводческом помещении. Уясните, как происходит взаимный теплообмен между животными и поверхностями ограждений помещения, как передается теплота в толще ограждений. Конструкции здания могут быть плотными и пористыми, поэтому важно знать какие из них лучше проводят теплоту, а какие активно переносят холодный воздух или влагу. Необходимо учитывать влияние ветра на перенос холодного воздуха через ограждение и на передачу теплоты, так как это оказывает влияние на микроклимат в сельскохозяйственном помещении.

Вопросы для самопроверки:

1. Что понимается под коэффициентом паропроницаемости, удельной влагоемкости и коэффициентом нестационарной теплопроводности.
2. Написать и произвести анализ уравнения потери теплоты за счет теплопроводности и вторжения холодного воздуха через капиллярно-пористое ограждение при отрицательной температуре наружного воздуха.
3. Объясните классификацию сельскохозяйственных производственных помещений по особенностям микроклимата.

3.2. Общие сведения о системах отопления, вентиляции и кондиционирования.

При изучении этого раздела особое внимание нужно уделить вопросу подсчета потребного количества теплоты. В основу этого расчета положено уравнение теплового баланса между притоками и расходами (потерями теплоты). При определении потерь теплоты через ограждающие конструкции здания, важно правильно определять коэффициенты теплопередачи того или иного типа ограждений.

Нужно ознакомиться с источниками тепловыделений. Теплопередачи зданием могут быть определены и по укрупненным показателям, т.е. по удельным тепловым характеристикам зданий. Нужно ознакомиться с суточными и годовыми графиками потребления теплоты на отопление. Ознакомится с типами и характеристиками нагревательных приборов для систем отопления, тепловым расчетом их площади нагрева, с методикой подбора нагревательных приборов.

Расчет воздухообмена в помещении ведется по различным видам вредных выделений — по избыткам теплоты, влаги, пыли, вредных газов,

поэтому важно знать предельно допустимые концентрации вредных выделений в воздухе различных сельскохозяйственных помещений.

При изучении основных процессов кондиционирования воздуха, важно научиться пользоваться $h-d$ -диаграммой с тем, чтобы строить в ней графики изменения параметров состояния влажного воздуха для зимнего летнего режимов работы кондиционеров. Ознакомьтесь с системами кондиционирования и конструкциями кондиционеров.

Вопросы для самопроверки:

1. Как подсчитываются теплотери через ограждающие конструкции зданий?
2. Чему равна величина сопротивления теплопередачи для многослойного ограждения?
3. Как определяют теплотери зданиями по укрупненным показателям?
4. Каковы основные способы возмещения теплотерь сельскохозйственных помещений?
5. Как производится подбор отопительных приборов?
6. Каковы основные задачи систем вентиляции и кондиционирования?
7. Как подсчитать необходимое количество воздуха для общеобменной вентиляции?
8. Что такое удельная вентиляционная характеристика здания?
9. Какие системы вентиляции применяются в животноводческих помещениях?
10. Напишите уравнение перехода влажного воздуха из одного состояния в другое.

3. 3. Теплоснабжение производственных, жилых и общественных зданий

В нашей стране широкое распространение получила система централизованного теплоснабжения, но в сельской местности централизованное теплоснабжение не всегда экономически оправдано, поэтому целесообразно использование местных систем отопления в некоторых случаях. Ознакомьтесь с центральными системами отопления: водяного отопления с естественной и принудительной циркуляцией и парового отопления низкого и высокого давления; уясните преимущества и недостатки этих двух систем отопления.

Изучите системы и принципиальные схемы горячего водоснабжения, учитывая, что совмещенные системы отопления и горячего водоснабжения перспективны для централизованного теплоснабжения сельских населенных пунктов. Уясните основы расчета систем горячего водоснабжения и расчета водоподогревателей.

Вопросы для самопроверки:

1. Приведите схемы водяного отопления с естественной и насосной вентиляцией; укажите их преимущества и недостатки.
2. Каковы преимущества и недостатки парового отопления по сравнению с водяным?
3. Приведите схемы вентиляции жилых и общественных зданий.
4. Что относится к оборудованию систем горячего водоснабжения?
5. Как определить среднесуточный расход теплоты на горячее водоснабжение?
6. Как рассчитывается поверхность нагрева водоподогревателя?

3.4. Применение теплоты на животноводческих фермах и комплексах

Высокие требования предъявляются к микроклимату животноводческих

и птицеводческих помещений, так как от него в значительной степени зависит продуктивность животных. Поэтому важно знать требования, предъявляемые к микроклимату, воздухообмену в помещении.

Ознакомьтесь со схемами отопительно-вентиляционных систем и основами расчета систем отопления и вентиляции, с основами автоматического регулирования микроклимата животноводческих помещений. Уясните, из каких статей складывается расход теплоты на животноводческих и птицеводческих фермах в комплексах, какие схемы теплоснабжения могут быть использованы.

Вопросы для самопроверки

1. Какие требования предъявляют к микроклимату в животноводческих и птицеводческих помещениях?
2. Как рассчитывается воздухообмен в животноводческих и птицеводческих помещениях?
3. Из каких статей складывается расход теплоты на животноводческих и птицеводческих фермах?
4. Как определяется среднесуточный расход воды на горячее водоснабжение?
5. Как рассчитать расход пара на кормоприготовление?
6. Как рассчитать расход пара на пастеризацию молока?

3.5. Обогрев сооружений защищенного грунта

При изучении вопроса теплоснабжения теплично-парникового хозяйства надо ознакомиться с основными конструкциями теплиц и парников, режимами их работы, со способами поддержания в них нормальных климатических условий, с суточными графиками потребления теплоты.

Источниками теплоэнергетика теплиц и парников могут быть как собственные котельные, так и тепловые отходы промышленных предприятий и теплота ТЭЦ. Это также термальные воды. Необходимо ознакомиться со схемами использования отходов тепла для обогрева теплиц и парников. Уделите внимание системам автоматического регулирования теплового режима в культивационных сооружениях: поддержание необходимой температуры воздуха и почвы, влажности и содержания углекислоты

Вопросы для самопроверки

1. Какие источники теплоты применяются для теплоснабжения тепличных и парниковых хозяйств?
2. Как определить потребную отопительную нагрузку теплицы или парника Как подсчитать запас топлива на эксплуатационный сезон для теплиц и парников?
3. Изобразите и дайте описание принципиальной схемы использования тепловых отходов промышленных предприятий для обогрева культивационных сооружений.

3.6. Сушка продуктов сельскохозяйственного производства

Процессам сушки зерна и других продуктов отводится значительное место в сельскохозяйственном производстве. Удаление влаги из материала путем ее испарения — сложный термический процесс. Составными частями изучения о процессах сушки являются теория тепло и массообмена, механизм и кинетика сушки.

Ознакомьтесь с классификациями сушильных установок по способу подвода теплоты, принципу действия, конструктивному оформлению и

других особенностям.

Основное распространение получили конвективные сушильные установки, в которых сушка материала осуществляется за счет теплого, полученной им при соприкосновении с сушильным агентом (с горячим воздухом или поточными очными газами)

В основу теплового расчета сушилки положены уравнения материального и теплового баланса по которым определяется количество влаги удаляемой в процессе сушки, расход воздуха для сушки и необходимое количество теплоты

Необходимо уметь пользоваться диаграммой $H-d$ влажного воздуха и применять ее при расчетах основных процессов сушки.

Большое значение имеет правильный выбор параметров процесса сушки: температуры и скорости теплоносителя, времени сушки, максимально допустимого влагоотъема. Например, при сушке семян температура теплоносителя определяется термостойкостью семян, то есть допустимой температурой их нагрева. Ознакомьтесь с тепловыми режимами сушки семенных культур зерна, фруктов и овощей, сена и других сельскохозяйственных продуктов

Вопросы для самопроверки

1. Дайте краткую характеристику способам сушки
2. Приведите принципиальную схему конвективной сушилки.
3. Как составить материальный и тепловой балансы сушильной камеры?
4. Изобразите действительный процесс сушки в конвективной сушилке в $H-d$ — диаграмме и сравните его с теоретическим процессом сушки.
5. Как определяется тепловой режим сушки различных сельскохозяйственных продуктов?

3.7. Применение холода в сельском хозяйстве

Современное сельское хозяйство является не только потребителем тепловой энергии, но и холода. В качестве источников холода используются естественный и искусственный лед, артезианская вода, холодильные машины.

Ознакомьтесь со способами охлаждения, а также с заготовкой, хранением и использованием естественного и искусственного льда. При изучении холодильных машин необходимо вспомнить определение второго закона термодинамики, согласно которому теплоту от менее горячего тела невозможно передать более горячему телу без затраты механической работы. Это положение является основой термодинамического цикла холодильной установки.

Изучение принципа машинного охлаждения необходимо начать с рассмотрения обратного цикла Карно, а затем показать отличие от него действительного цикла компрессионных холодильных установок, то есть приступить к рассмотрению принципа работы компрессионных, а затем абсорбционных холодильных установок. Нужно уметь определять холодопроизводительность холодильных установок, уяснить требования, предъявляемые к холодильным агентам

При выборе холодильного оборудования потребуются знание существующих типов холодильных установок, используемых в сельском хозяйстве. При изучении принципа работы тепловых насосов необходимо рассмотреть режимы нагревания и охлаждения теплоносителя, используемого для обеспечения оптимального микроклимата в помещениях в летний и зимний периоды года, а также способы перевода теплового насоса с одного режима на другой.

Вопросы для самопроверки

1. Какие способы охлаждения вам известны?
2. Чем отличается действительный цикл компрессионной холодильной установки от обратного цикла Карно?
3. Какие требования предъявляются к холодильным агентам?
4. Как рассчитывается холодопроизводительность холодильных установок?
5. Расскажите о принципе работы теплового насоса.
6. Каковы перспективы использования тепловых насосов в сельском хозяйстве?

3.8. Теплотехнические основы хранения сельскохозяйственных продуктов.

Вопрос качественного хранения сельскохозяйственных продуктов на месте их производства особенно остро стоит в настоящее время. Поэтому исключительно важное значение приобрели в последние годы создание и совершенствование хранилищ для сочной сельскохозяйственной продукции

Ознакомьтесь с Нормами технологического проектирования зданий, сооружений для хранения картофеля овощей и фруктов, а также с классификацией овощных хранилищ; для различной с.-х. продукции оптимальными параметрами микроклимата в них и способами их поддержания. В результате рассмотрения теплового баланса хранилищ для картофеля и овощей выяснить его структуру для различных периодов хранения — в период закладки продукции, период охлаждения, зимний и весенне-летний периоды. Нужно уметь подсчитывать расход воздуха для поддержания оптимального микроклимата в каждый период. Необходимо изучить тепловые схемы и компоновки теплосилового оборудования, освоить основные расчеты по определению расходов воздуха, теплоты и холода.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы оптимальные параметры микроклимата в хранилищах для различных видов растительной продукции?
2. Как регулируется режим хранения продукции в буртах и траншеях?
3. Как регулируется режим хранения продукции в стационарных хранилищах?
4. Из каких статей расхода и прихода теплоты складывается тепловой баланс заглубленного хранилища?
5. Как подсчитать расход воздуха для поддержания оптимального микроклимата в различные периоды хранения сельскохозяйственных продуктов?

3 9. Системы теплоснабжения и тепловые сети в сельском хозяйстве

Изучите классификацию тепловых потребителей и требования, предъявляемые им к системам теплоснабжения, рассмотрите суточные и годовые графики нагрузки теплопотребителей как сезонных, так и круглогодичных.

Классификацию систем теплоснабжения нужно провести по мощности, виду источника теплоты и виду теплоносителя. Рассмотрите классификацию тепловых сетей, их оборудование, схему и компоновку тепловых вводов, принцип действия элеваторов. Следует особое внимание уделить водяным системам теплоснабжения, имеющим преимущественное распространение в сельском хозяйстве.

Изучите методику гидравлического и теплового расчета сетей, обратив внимание на системы уравнений для подсчета линейных и местных падений давления в трубопроводах и падения в них

температуры теплоносителя.

Необходимо разобраться в методике определения расчетной тепловой мощности котельной, годового расхода топлива, стоимости единицы теплоты — основного технико-экономического показателя работы котельной и в выборе котельного оборудования.

Вопросы для самопроверки

1. По каким признакам классифицируются системы тепло-снабжения?

2. Какие факторы влияют на выбор систем горячего водоснабжения?

3. Что такое абонентский ввод? Изобразите схему его и дайте к ней пояснения.

4. Дайте методику подбора котлов по расчетной тепловой мощности котельной.

5. Как подсчитать стоимость единицы выработанной тепловой энергии?

Раздел III. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Контрольная работа должна выполняться студентом после изучения всего курса.

Студенту выдается индивидуальное задание, согласно которому он должен решить пять задач.

При выполнении контрольной работы необходимо соблюдать следующие требования:

- а) обязательно записать условие задачи;
- б) решение сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором должно быть указано, какая величина определяется, и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу (из условия задачи, из справочника, определена ранее и т. д.);
- в) вычисления давать в развернутом виде;
- г) обязательно проставлять размерности всех заданных и расчетных величин в международной системе СИ;
- д) графический материал должен быть выполнен четко в масштабе на миллиметровой бумаге.

После решения должен быть произведен краткий анализ полученных результатов и сделаны соответствующие выводы

В конце работы дать перечень использованной литературы, указать дату окончания работы и подписать ее.

ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Задача 1. В процессе изменения состояние 1 кг газа внутренняя энергия его увеличивается на Δu . При этом над газом совершается работа, равная L . Начальная температура газа t_1 конечное давление p_2 .

Определить для заданного газа показатель политропы n , начальные и

конечные параметры, изменение энтропии Δs и изменение энтальпии Δh . Представить процесс в $p-v$ и $T-s$ диаграммах. Изобразить также (без расчета) изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный процессы, проходящие через ту же начальную точку, и дать его сравнительный анализ.

Контрольный вопрос: Какова общая формулировка и математическое выражение первого закона термодинамики?

Задача 2. Определить параметры рабочего тела в характерных точках идеального цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с изохорно-изобарным подводом теплоты (смешанный цикл), если известны давление p_1 и температура t_1 рабочего тела в начале сжатия. Степень сжатия ε , степень повышения давления λ степень предварительного расширения ρ заданы.

Определить работу, получаемую от цикла, его термический КПД и изменение энтропии отдельных процессов цикла. За рабочее тело принять воздух, считая теплоемкость его в расчетном интервале температур постоянной.

Построить на миллиметровке в масштабе этот цикл в координатах $p-v$ и $T-s$. Дать к полученным графикам соответствующие пояснения.

Контрольный вопрос: В чем смысл второго закона термодинамики?

Задача 3. Показать сравнительным расчетом целесообразность применения пара высоких начальных параметров и низкую конечного давления на примере паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина, определив располагаемый теплоперепад, термический КПД цикла и удельный расход пара для двух различных значений начальных и конечных параметров пара. Указать конечное значение степени сухости x_2 (при давлении p_2). Изобразить схему простейшей

паросиловой установки и дать краткое описание ее работы. Представить цикл Ренкина в диаграммах $T-s$ и $h-s$. Задачу решать с помощью $h-s$ -диаграммы.

Представить графическое решение задачи в $h-s$ -диаграмме.

Задача 4. Определить потери тепла за 1 час с 1 м длины горизонтально расположенной цилиндрической трубы, охлаждаемой свободным потоком воздуха, если известны наружный диаметр d трубы, температура стенки трубы $t_{ст}$ и температура воздуха t , в помещении.

Контрольный вопрос: Какими основными безразмерными числами (критериями) подобия определяется конвективная теплоотдача и каков физический смысл этих чисел подобия?

Задача 5. Определить площадь поверхности нагрева газовой водяного рекуперативного теплообменника работающего по противоточной схеме. Греющий теплоноситель — дымовые газы с начальной температурой t_r' и конечной — t_r'' . Расход воды через теплообменник — G_B , начальная температура воды — t_e' , конечная — t_e'' . Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке трубы α_r и от стенки трубы к воде α_B . Теплообменник выполнен из стальных труб наружным диаметром $\varnothing d=50$ мм и толщиной стенки $\delta=4$ мм. Коэффициент теплопроводности $\lambda=62$ Вт/(м·К). Стенку считать чистой с обеих сторон.

Определить также площадь поверхности теплообмена при выполнении теплообменника по прямоточной схеме и сохранении остальных параметров неизменными.

Для обеих схем движения теплоносителей (противоточной и прямоточной) показать без расчета графики изменения температур теплоносителей вдоль поверхностей теплообмена. Указать преимущества противоточной схемы.

Контрольный вопрос:

Объясните физический смысл коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи. От каких факторов зависит их величина?

Подклеивается к выполненной работе

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

для контрольной работе по дисциплине «Теплотехника»

(Заполняется преподавателем)

Студенту _____ № _____
(Фамилия И.О.) (Шифр)

Задача 1.

Δu , кДж/кг.	l , кДж/кг.	t_1 , °C	p_2 , МПа	Род газа

Задача 2.

p_1 , МПа	t_1 , °C	ε	λ	ρ

Задача 3.

Параметры пара 1 варианта			Параметры пара 2 варианта		
p_1 , МПа	t_1 , °C	p_2 , МПа	p_1 , МПа	t_1 , °C	p_2 , МПа

Задача 4.

d , мм	t_c , °C	t_b , °C

Задача 5

α_g , Вт/(м ² ·К)	α_b , Вт/(м ² ·К)	G_b , кг/ч	t_g^I , °C	t_g^{II} , °C	t_b^I , °C	t_b^{II} , °C

Задание выдал преподаватель _____
(подпись и ее расшифровка)

« » _____ 20 г.