Кировское областное государственное профессиональное образовательное бюджетное учреждение «Кировский сельскохозяйственный техникум имени дважды Героя Социалистического Труда А.Д. Червякова»

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины ***«Основы гидравлики и теплотехники»*** и выполнения домашней контрольной работы для студентов заочной формы обучения по специальности

35.02.16 «Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования»

Котельнич

2019

|  |  |
| --- | --- |
| РАССМОТРЕНОНа заседании ЦК №2Технического профиля по специальностямПротокол № \_\_\_\_\_«\_\_»\_\_\_\_\_\_20\_\_г.Председатель \_\_\_\_\_\_ | Методические указания составлены в соответствии с требованиями Федерального образовательного стандарта по специальности **СПО 35.02.16 «Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования»** |
|  |  |

**Разработчик:** преподаватель общепрофессиональных и технических дисциплин КОГПОБУ «Кировский сельскохозяйственный техникум имени дважды Героя Социалистического Труда А.Д. Червякова» - В.В.Банникова.

**Рецензент:** заведующая заочным отделением КОГПОБУ «Кировский сельскохозяйственный техникум имени дважды Героя Социалистического Труда А.Д. Червякова» - Е.А. Фокина

Методические указания предназначены для студентов заочной формы обучения по специальности 35.02.16 «Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования».

Изучение данной методической разработки поможет студентам систематизировать полученные знания и правильно выполнить домашнюю контрольную работу.

Все задания для контрольной работы основываются на материале, не выходящем за рамки программных требований.

Содержание указаний соответствует учебной программе.

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Стр. |
| Пояснительная записка | 5 |
| Структура и содержание дисциплины | 7 |
| Информационное обеспечение | 7 |
| Тематический план дисциплины | 8 |
| Методические указания по темам и вопросы для самоконтроля | 9 |
| Выполнение и оформление домашней контрольной работы | 35 |
| Контрольные задания | 37 |
| Библиографический список для выполнения домашней контрольной работы | 45 |
| Приложение 1 | 46 |

1. **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Программой изучения дисциплины «Основы гидравлики и теплотехники» предусматривается выполнение 10 лабораторно-практических работ.

При изучении материала необходимо соблюдать единство терминологии и обозначений в соответствии с действующими стандартами РФ и использовать международную систему единиц измерений; применять технические средства обучения и наглядные пособия; использовать нормативно-техническую документацию, разработки НИИ, материалы журналов и других периодических изданий по расчету, выбору и эксплуатации оборудования для систем сервиса. Результатом основания программы профессионального модуля является овладение обучающимися видом профессиональной деятельности: ***Основы гидравлики и теплотехники,*** в том числе профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Код ПК, ОК | Умения | Знания |
| ПК 1.1-1.6ПК 2.3ПК 3.1, 3.2, ПК 3.4-3.8ОК 01ОК 02ОК 10 | Использовать гидравлические устройства и тепловые установки в производстве. | Основные законы гидростатики, кинематики и динамики движущихся потоков; особенности движения жидкостей и газов по трубам (трубопроводам); основные положения теории подобия гидродинамических и теплообменных процессов; основные законы термодинамики; характеристики термодинамических процессов и тепломассообмена; принципы работы гидравлических машин и систем, их применение; виды и характеристики насосов и вентиляторов; принципы работы теплообменных аппаратов, их применение. |

1. **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Вид учебной работы*** | ***Объем часов*** |
| Максимальная учебная нагрузка (всего) | 54 |
| Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) | 42 |
| В том числе: |  |
| Лекции | 22 |
| Практические занятия | 20 |
| Контрольная работа |  |
| Самостоятельная работа обучающегося (всего) | 12 |
| Промежуточная аттестация в III семестре в форме экзамена |  |

1. **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

*Основные источники:*

1. Гусев А.А. Основы гидравлики [Электронный ресурс]: учебник для СПО/А.А.Гусев.-2-е изд. пер и доп.-М.: Юрайт, 2016-ЭБС «Юрайт».

*Дополнительные источники:*

1. Брюханов О.Н, Коробко В.И., Мелик-Аракелян А.Т. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: Учебник.-М.:ИНФРА-М,2015.
2. Алексеев Г.Н. Общая теплотехника.-М.: Высшая школа, 2013.
3. Баскаков А.П. Теплотехника.-М.: Энергоизд, 2004.
4. Чугаев Р.Р. Гидравлика.-Л.: Энергоизд, 2000.
5. Ерохин В.Г., Маханько М.Г. Сборник задач по основам гидравлики и теплотехники: Учеб. Пособие для техникумов.-2-е изд., перераб. и доп.-М.:Энергия, 1979.
6. Большаков В.А. Справочник по гидравлике.-К.: Высшая школа, 2004.
7. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям.-М.: Машиностроение,2001.
8. Юренёва В.Н. Теплотехнический справочник.-М: Энергия,2002.

*Интернет источники:*

1. <http://window.edu.ru/window> catalog/pdf2txt?p id=22581.
2. <http://window.edu.ru/window>\_ catalog/files/r48871/174.pdf
3. **ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ**

|  |  |
| --- | --- |
| ***№ темы*** | ***Раздел и темы*** |
| **Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики.** |
| **Введение.** |
| **Раздел 1.** Основы гидравлики.  |
| Тема 1.1 | **Основные физические свойства жидкости и газа.** |
| Тема 1. 2 | **Гидростатическое давление.** |
| Тема 1.3 | **Основное законы движения жидкости.** |
| Тема 1.4 | **Гидростатическое сопротивление.** |
| Тема 1.5 | **Гидравлические машины.** |
| Тема 1.6 | **Гидропривод.** |
| **Раздел 2.** Основы теплотехники. |
| Тема 2.1 | **Техническая термодинамика.** |
| Тема 2.2 | **Первый и второй законы термодинамики. Термодинамические процессы.** |
| Тема 2.3 | **Тепло- массообмен.** |
| Тема 2.4 | **Применение теплоты в сельском хозяйстве.** |

1. **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕМАМ И ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

**Введение.**

Определение гидравлики как науки и связь ее с другими дисциплинами. Краткая история развития гидравлики.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Что является предметом изучения гидравлики как науки? С какими дисциплинами вязана гидравлика?
2. Изложите краткую историю развития гидравлики.

**Раздел 1. Основы гидравлики.**

**Тема 1.1 Основные физические свойства жидкости и газа.**

В данной теме дается определение жидкости и газа, их сходство и отличие. Условия применяемости понятия сплошной среды. Идеальная и реальная жидкость. Отличительное свойство реальных жидкостей. Основные свойства реальных жидкостей: плотность, удельный вес, сжимаемость, температурное расширение, вязкость, испаряемость. Их физический смысл и размерности в системе СИ.

Связь между плотностью и удельным весом. Физический смысл коэффициентов объемного сжатия и температурного расширения. Связь между коэффициентом объемного расширения и модулем упругости. Причины возникновения сил вязкости. Сила внутреннего трения жидкости (гипотеза Ньютона). Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Коэффициенты динамической и кинетической вязкости, связь между ними. Их физический смысл. Парообразование и кипение. Их зависимость от давления и температуры. Давление насыщенных паров. Растворимость газа в жидкости, закон Генри.

Дополнительные требования которые предъявляют к жидкостям, применяемым в гидроприводах. Индекс вязкости; смазывающая способность, физическая, механическая и химическая стабильность при хранении и эксплуатации, совместность с конструкционными материалами.

При изучении материала этой темы необходимо усвоить, что свойства жидкостей и их отличие от твердых тел и газов обусловлены молекулярным строением. Знать, каким образом особенности молекулярного строения влияют на физические свойства. Изучить отличия идеальной жидкости от реальной.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. В чем состоит отличие жидкостей от твердых тел и газов? При каких условиях применима гипотеза сплошности?
2. Какую жидкость называют идеальной?
3. В чем смысл гипотезы вязкого трения Ньютона?
4. Какова связь между динамическим и кинетическим коэффициентами вязкости жидкости?
5. Каков физический смысл коэффициента динамической вязкости?
6. В чем отличие ньютоновской жидкости от неньютоновской?
7. Что называют плотностью жидкости?
8. Что называют удельным весом жидкости?
9. Что называют температурным расширением жидкости?
10. Что называют сжимаемостью жидкости?
11. Как зависит сжимаемость жидкости от давления?
12. Что называется вязкостью жидкости?
13. Как зависит испаряемость жидкости от давления и температуры?

**Тема 1.2 Гидростатическое давление.**

Абсолютный и относительный покой жидкости. Силы, действующие на жидкость. Гидравлическое давление и его свойства. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости (уравнение Эйлера) и их интегрирование. Геометрическая высота, пьезометрическая высота. Пьезометрический напор.

Свободна поверхность. Поверхность уровня. Виды поверхности уровня в зависимости от сил, действующих на жидкость.

Виды давления. Соотношения абсолютного, избыточного, вакуумметрического и атмосферного давления. Приборы для измерения давления. Пьезометр открытый в атмосферу. Уровень жидкости в пьезометрах, опущенных на разную глубину. Пьезометр закрытый в атмосферу.

При изучении материала этой темы необходимо усвоить, что для любой точки покоящейся жидкости гидравлический напор есть величина постоянная. Знать отличие гидростатического напора от пьезометрического. Изучить возможность измерения барометрического давления с помощью двух пьезометров (открытого в атмосферу и закрытого в атмосферу).

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Что такое гидростатическое давление в точке? Какими свойствами она характеризуется?
2. Напишите дифференциальные уравнения равновесия жидкости (уравнение Эйлера).
3. Дайте определение абсолютного, избыточного и вакуумметрического давления (вакуума).
4. В каких единицах измеряется гидростатическое давление? Какими приборами оно измеряется?
5. Что называется поверхностью равного давления? Напишите уравнение поверхности равного давления в дифференциальной форме.
6. Охарактеризуйте свойства поверхностей равного давления. Что представляют собой поверхности равного давления в жидкости, находящейся в равновесии под действием силы тяжести*?*

**Тема 1.3 Основные законы движения жидкости.**

Предмет гидродинамики, основные задачи гидродинамики.

Установившееся, неустановившееся, равномерное, неравномерное, напорное, безнапорное, сплошное, прерывистое движение жидкости.

Траектория, линия тока, трубка тока, элементарная струйка. Свойства элементарной струйки.

Живое сечение потока.

Объемный расход жидкости. Уравнение сохранения (постоянства) расхода. Массовый расход жидкости. Связь между объемным и массовым расходом. Средняя скорость потока жидкости.

Смоченный периметр. Гидравлический радиус. Эквивалентный диаметр. Соотношение между гидравлическим радиусом и эквивалентным диаметром.

При изучении материала этой темы необходимо усвоить, что средняя скорость потока – это фиктивная скорость, заменяющая в инженерных расчетах распределение скоростей по сечению канала в случае движения реальной жидкости. Знать зависимость эквивалентного диаметра от формы поперечного сечения канала. Изучить примеры различных видов движения жидкости.

Удельная энергия. Закон сохранения удельной энергии вдоль потока жидкости. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли. Скоростной напор. Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли. Удельная потенциальная энергия положения. Удельная потенциальная энергия давления. Удельная потенциальная энергия. Удельная кинетическая энергия.

Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Потерянный напор между вышерасположенным и нижерасположенным по потоку сечениям.

Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Коэффициент Кориолиса. Физический смысл коэффициента Кориолиса.

Напорная линия. Гидравлический уклон. Пьезометрическая линия. Пьезометрический уклон.

При изучении материала этой темы необходимо усвоить, что гидравлический уклон всегда положителен. Знать составляющие удельной потенциальной энергии. Изучить правила выбора сечений и плоскости сравнения при записи уравнения Бернулли.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Дайте определение и приведите примеры основных видов движения жидкости: установившегося и неустановившегося, напорного и безнапорного, равномерного и неравномерного.
2. Что такое линия тока, трубка тока, элементарная струйка?
3. При каких условиях сохраняется постоянство расхода вдоль потока?
4. Что такое местная и средняя скорость?
5. Напишите уравнение сохранения расхода?
6. Что такое живое сечение и смоченный периметр?
7. Как определить соотношение диаметров и скоростей в трубопроводах?
8. Запишите уравнение Бернулли для идеальной жидкости.
9. Какую жидкость называют идеальной?
10. Запишите уравнение Бернулли для реальной жидкости.
11. Приведите основные отличия в записи уравнения Бернулли для идеальной жидкости и реальной жидкости.
12. Что такое полный, пьезометрический и скоростной напоры?
13. Объясните физический смысл коэффициента Кориолиса.
14. Какие значения принимает коэффициент Кориолиса?
15. Объясните смысл понятий: пьезометрический и гидравлический уклон.
16. Может ли быть отрицательным пьезометрический уклон, гидравлический уклон?
17. Когда линии полного потока и пьезометрического напоров параллельны друг другу?
18. Каковы причины возникновения потерь при движении реальной жидкости?

**Тема 1.4 Гидростатическое сопротивление.**

Источник гидравлических сопротивлений. Виды гидравлических сопротивлений. Факторы, влияющие на гидравлические сопротивления.

Виды потерь напора. Принцип суперпозиции при определении потерь напора. Общая структура формулы, выражающей потери напора.

Местные потери напора. Коэффициент местного сопротивления.

Потери напора на трение по длине канала. Коэффициент гидравлического трения, его физический смысл.

Определение коэффициента гидравлического трения в случае ламинарного режима движения жидкости, его зависимость от геометрического фактора.

Определение коэффициента гидравлического трения в случае турбулентного режима движения жидкости, его зависимость от относительной шероховатости поверхности канала и числа Рейнольдса.

При изучении материала этой темы необходимо усвоить общую структуру формулы для определения потерь напора. Знать диапазоны изменения числа Рейнольдса, в которых применимы разные виды формул для коэффициента гидравлического трения. Изучить особенности определения коэффициента гидравлического трения в области гидравлически гладких труб, в области гидравлически шероховатых труб и в области автомодельности.

Условия возникновения местных гидравлических сопротивлений. Местные потери напора.

Внезапное расширение канала. Характер течения при внезапном расширении канала. Формула Борда для определения потерь напора при внезапном расширении канала. Истечение под уровень в резервуар большого размера.

Диффузоры. Характер движения жидкости в диффузоре. Полная потеря напора в диффузоре. Потери на трение и вихреобразование. Степень расширения диффузора. Оптимальный угол конусности диффузора. Коэффициент смягчения.

Внезапное сужение канала. Характер течения при внезапном сужении канала. Формула Идельчика для определения коэффициента гидравлического сопротивления при внезапном сужении канала.

Конфузоры. Характер движения жидкости в конфузоре. Потеря напора в конфузоре.

Потери напора в колене и отводе.

При изучении материала этой темы необходимо усвоить, что является причиной возникновения местных потерь в канале. Изучить предельные случаи потерь напора при внезапном расширении и внезапном сужении канала. Знать особенности движения жидкости в диффузорах и конфузорах.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Что является причиной возникновения гидравлических сопротивлений?

2. Какие существуют виды потерь напора?

3. Какие факторы влияют на гидравлические сопротивления?

4. Какой формулой выражаются потери напора на местных сопротивлениях?

5. Какой формулой выражаются потери напора по длине потока?

6. Объясните физический смысл коэффициента гидравлического сопротивления.

7. Объясните физический смысл коэффициента гидравлического трения.

8. Чему равен коэффициент гидравлического трения при ламинарном режиме движения жидкости?

9. Какие сопротивления называют местными?

10. Как определить потери напора при внезапном расширении трубопровода?

11. В каком сечении берется средняя скорость, входящая в формулу потерь при внезапном расширении трубопровода?

12. Как определить потери напора при внезапном сужении трубопровода?

13. В каком сечении берется средняя скорость, входящая в формулу потерь при внезапном сужении трубопровода?

14. В чем отличие колена от отвода?

15. В чем состоит принцип суперпозиции при определении потерь?

**Тема 1.5 Гидравлические машины.**

 История. Общие сведения. Классификация гидромашин. Основные технические показатели гидромашин. Основные параметры гидромашин.

Классификация насосов по характеру силового воздействия.

Классификация объемных насосов. Классификация динамических насосов. Основные элементы центробежного насоса.

Подача насоса. Напор насоса. Потребляемая и полезная мощность. Коэффициент полезного действия. Потери, возникающие в насосе при перекачивании жидкости.

Всасывающая линия. Нагнетательная линия. Геометрическая высота подъема жидкости. Требуемый напор. Коэффициент быстроходности насоса.

Характеристики насоса: зависимость мощности, напора и коэффициента полезного действия от подачи.

Запас напора, необходимый для исключения кавитации.

Рабочая точка при работе насоса на сеть.

Подобие насосов. Парабола подобных режимов.

Способы регулирования центробежных насосов.

При изучении материала этой темы необходимо усвоить, что выбор насоса, обеспечивающего заданный режим работы сети, определяется коэффициентом быстроходности и характеристиками насоса и что такое рабочая точка. Знать, какими основными параметрами характеризуется работа насоса и физическую сущность явления кавитации и меры, необходимые для избежания этого явления. Изучить формулы для определения допустимой высоты всасывания и кавитационного запаса (формула Руднева).

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Приведите классификацию гидромашин.
2. Каковы основные технические показатели гидромашин?
3. Какие виды потерь присутствуют в гидромашине?
4. Какие существуют виды насосов?
5. Какие насосы относят к объемным?
6. Какие насосы относят к динамическим?
7. Что называют подачей насоса?
8. Каков физический смысл напора насоса?
9. Чем отличаются полезная и потребляемая мощности насоса?
10. Что называют коэффициентом быстроходности насоса?
11. Что такое высота всасывания насоса?
12. Что называют запасом напора, необходимым для исключения кавитации (в центробежных насосах)?
13. Укажите методы регулирования подачи центробежных насосов и расскажите об их физической сущности.
14. Как найти подачу и напор (рабочую точку) при работе центрабежного насоса на сеть?
15. В чем заключаются соотношения подобия для лопастных машин.

**Тема 1.6 Гидропривод.**

Гидромоторы. Принцип действия объемного гидропривода. Классификация объемных гидроприводов по характеру движения выходного звена. Основные элементы гидропривода.

Распределительные устройства. Назначение, принцип действия и основные типы. Клапаны. Принцип действия, устройство и характеристики. россельные устройства. Назначение, принцип действия и характеристики. Фильтры. Гидроаккумуляторы.

Пневмопривод. Принцип действия. Основные элементы. Преимущества и недостатки.

При изучении материала этой темы необходимо усвоить основные элементы и принцип действия гидропривода и пневмопривода. Знать принцип действия. Изучить достоинства и недостатки.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Из каких основных частей состоит объемный гидропривод?

2. Что такое открытая и закрытая схема объемного гидропривода?

3. Укажите достоинства и недостатки объемного гидропривода.

4. Укажите назначение гидродвигателя.

5. Перечислите элементы механизма управления.

6. Какие устройства, обеспечивающие работу гидропривода, относят к вспомогательным?

7. Какие гидролинии различают в гидроприводе?

8. Приведите классификацию пневмопривода, его достоинства и недостатки.

9. Перечислите основные элементы пневмопривода.

**Раздел 2. Основы теплотехники.**

**Тема 2.1 Техническая термодинамика.**

При изучении данной темы надо усвоить понятие «рабочее тело». Знать основные параметры рабочего тела и зависимость его состояния от этих параметров (уравнение состояния идеальных газов).

Следует изучить системы единиц, применяемых в теплотехнике, знать выражение основных величин в Международной системе единиц «СИ».

При изучении газовых смесей необходимо усвоить основные законы газовых смесей.

В термодинамических расчетах, связанных с определением количества тепла, большое значение имеет теплоемкость.

Необходимо усвоить размерности массовой, объемной и киломольной теплоемкости и знать их взаимосвязь.

Надо иметь ввиду, что в таблицах объемная теплоемкость дается приведенной к единице объема при нормальных условиях (*t*=00C, *p*=760 мм.рт.ст.).

Следует иметь ввиду, что в расчетах, не требующих большой точности, часто применяются теплоемкости *Ср* и *Су* постоянными, не зависящими от температуры.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Что называется рабочим телом?
2. Какими основными параметрами определяется состояние рабочего тела?
3. Какой газ называется идеальным?
4. Какая существует зависимость между идеальным объемом и плотностью?
5. Какие основные законы идеальных газов знаете?
6. Какой физический смысл имеет газовая постоянная?
7. Чем отличается уравнение состояния идеального газа от уравнения состояния реального газа?
8. Что такое парциальное давление?
9. В чем заключается закон Дальтона?
10. Какие существуют способы задания смеси?
11. Как определяется газовая постоянная смеси?
12. Как определяется парциальное давление компонента смеси?
13. Что называется теплоемкостью?
14. Что называется удельной теплотой вещества?
15. Как определяется теплоемкость газовой смеси?

**Тема 2.2 Первый и второй законы термодинамики. Термодинамические процессы.**

При изучении данной темы необходимо усвоить понятие «термодинамической процесс»; знать, что термодинамика изучает равновесие , обратимые процессы, которые можно изображать графически в координатах P-U; уяснить, что первый закон термодинамики является частным случаем общего закона сохранения и превращения энергии.

Закон устанавливает количественную связь между теплом и работой в различных термодинамических процессах.

Количество теплоты, сообщенное рабочему телу, идет на изменение его внутренней энергии и на совершение работы.

Нужно обратить внимание на вводимые дополнительные параметры: рабочего тела: внутреннюю энергию и энтальпию.

При изучении данной темы надо усвоить частные случаи политропного процесса (изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный), знать их выражение в системах координат *Р-V* и *TS* и усвоить выражение первого закона термодинамики для каждого из этих процессов.

Надо обратить внимание на то, что уравнение политропы аналогично уравнению адиабаты, поэтому все математические выводы, основанные на применении уравнения *HVK=const*, могут быть перенесены на политропные процессы путем замены показателя адиабаты *k* на показатель политропы *n*.

При изучении термодинамических циклов необходимо уяснить конечную цель совершения круговых процессов, назначение прямых и обратных циклов, знать, как оценивается термический коэффициент полезного действия.

Рассмотрение цикла Карно очень наглядно позволяет уяснить закон термодинамики и пределы полезного использования тепловой энергии.

Рассмотрение идеального цикла Карно позволяет судить о наибольшем теоретически возможном использовании тепловой энергии.

Эффективность идеального цикла, степень его совершенства оцениваются термическим коэффициентом полезного действия.

Со вторым законом термодинамики тесно связано понятие энтропии, которое наряду с внутренней энергией; энтальпией является дополнительным параметром рабочего тела.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Какой процесс называется равновесным?
2. Что представляет собой обратимый процесс?
3. Как формулируется первый закон термодинамики?
4. Как определяется внутренняя энергия идеального газа?
5. Что называется энтальпией?
6. В каком процессе все подведенное тепло расходуется на уменьшение внутренней энергии?
7. В каком процессе все подведенное тепло расходуется на совершение внешней работы?
8. Напишите уравнение первого закона термодинамики применительно к четырем основным термодинамическим процессам.
9. Какова сущность второго закона термодинамики?
10. Какая связь между изменением энтропии и количеством водяного тепла в изотермическом процессе?
11. Из каких процессов состоит цикл Карно?
12. Чему равен термический КПД цикла Карно?
13. Почему КПД цикла Карно не может быть равен единице?

**Тема 2.3 Тепло- массообмен.**

Во многих технических процессах передача энергии осуществляется в форме теплоты и практически без переноса массы, поэтому для упрощения сначала следует рассмотреть элементарные процессы теплообмена: теплопроводность, конвекцию и излучение. При изучении темы необходимо разобраться в этих понятиях, обратив особое внимание на физические основы процессов переноса энергии массы, а также в понятиях: теплоотдача, теплопередача, стационарный и нестационарный режимы теплообмена, ламинарный и турбулентный режимы течения, температурное поле, температурный градиент.

Аналитическая зависимость переноса теплоты теплопроводностью выражается законом Фурье. Уясните физический смысл теплопроводности λ, входящей в уравнение Фурье, и запомните ее размерность. Далее необходимо обратить внимание на упрощения и граничные условия первого и третьего рода, позволяющие из общего выделить частное при решении дифференциальных уравнений теплопроводности для плоской и цилиндрической стенок. Для многослойных плоских и цилиндрических стенок, часто встречающихся на практике (стены домов, трубы с изоляцией или со слоем накипи и т.д.), расчеты теплопроводности удобно проводить с использованием величин их термических сопротивлений. Обратите внимание на понятие температуропроводность, на расчет теплопроводности тел с внутренними источниками теплоты, на аналитические и численные методы решения задач нестационарной теплопроводности.

В теории теплообмена процессы конвективного переноса теплоты являются наиболее сложными. Решение задач с помощью дифференциальных уравнений математической физики, описывающих тот или иной процесс конвективного теплообмена, не всегда возможно. В инженерной практике для решения задач конвективного теплообмена широко используется теория подобия и теория моделирования.

Ознакомьтесь с работами по теории подобия, с основными числами подобия (Нуссельта, Рейнольдса, Грасгофа, Прандтля), критериальными уравнениями для свободного и вынужденного движения теплоносителя. Обратите

внимание на теорему Кирпичева-Гухмана об условиях подобия конвективного теплообмена. Уясните смысл уравнения Ньютона-Рихмана, коэффициента теплоотдачи, чисел подобия, что они характеризуют; пределы и условия использования критериальных уравнений, определяющие геометрические размеры и температуры, соответствующие этим условиям (при свободном и вынужденном движении теплоносителя, ламинарном или турбулентном режимах течения и при различных условиях обтекания тел). Материал этой сложной темы рекомендуется для методической разработки.

При изучении этой темы программа предусматривает, что студент знаком из курса физики с основными законами лучистого теплообмена. В отличие от теплопроводности и конвекции при лучистом теплообмене происходит двойное

превращение энергии. Необходимо четко уяснить физическую сущность лучистого теплообмена; разобраться в конкретных задачах лучистого теплообмена: между абсолютно черными, серыми телами, произвольно расположенными в пространстве; между телом и оболочкой; в механизме защитного действия экранов. Особое внимание уделите лучистому теплообмену между газом и стенкой, часто встречающемуся на практике, разберитесь в методике определения степени черноты газа и коэффициента теплоотдачи излучением.

Процессы теплообмена в ряде случаев, например при сушке зерна, сопровождаются процессами переноса массы вещества, которые нельзя не учитывать при расчетах.

Изучение темы следует начать с усвоения основных терминов: массообмен, диффузия молекулярная, молярная, термодиффузия и т. д. Далее следует ознакомиться с законом Фика, характеризующим интенсивность концентрационной диффузии, с общим выражением плотности диффузионного потока или потока массы. Плотность вещества в движущейся среде определяется суммой конвективного переноса и молекулярной диффузии. При сушке влажного материала 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 самоконтроля:***

1. Опишите механизм переноса теплоты теплопроводностью и конвекцией.
2. Что понимается под стационарным и нестационарным режимами теплообмена?
3. Дайте определение и аналитическое выражение температурного поля в общем виде, а также определение и геометрическое изображение температурного градиента.
4. Сформулируйте и напишите в дифференциальной

форме основной закон теплопроводности.

1. Какова размерность и физический смысл теплопроводности λ? Чем задаются краевые условия?
2. Используя граничные условия, опишите аналитически в конечных разностях и дайте графическое изображение закона распределения температуры по

толщине плоской и цилиндрической стенки на стационарном режиме.

1. Дайте аналитическое соотношение для линейной (отнесенной к 1 м длины трубы) и поверхностной плотности теплового потока через цилиндрическую стенку.
2. Дайте анализ уравнений температурного поля и плотности теплового потока в плоской стенке с внутренними источниками теплоты.
3. Напишите уравнение конвективной теплоотдачи Ньютона-Рихмана и сделайте его анализ.
4. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи α и какова его размерность?
5. Что характеризуют числа Нуссельта (Nu), Грасгофа (Сr), Рейнольдса (Re), Прандтля (Рr)? Приведите их безразмерные комплексы.
6. Напишите критериальные уравнения для теплообмена при свободной и вынужденной конвекции в общем виде и дайте методику решения задач конвективного теплообмена с их помощью.
7. Сформулируйте теорему подобия Кирпичева-Гухмана.
8. Что такое определяющая температура и определяющий размер?
9. Что понимается под тепловым излучением и в границах каких длин волн оно проявляется?
10. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана для теплового излучения тел.
11. Что понимается под серым и абсолютно черным телами?
12. Как определяется лучистый поток между серыми телами, произвольно расположенными в пространстве, между параллельными плоскими стенками, между телом и оболочкой?
13. Для чего нужны экраны и какими свойствами они обладают?
14. Чем отличается излучение газов от излучения твердых тел?
15. Какие газы считаются прозрачными для тепловых лучей?
16. Напишите формулу для определения степени черноты газов.
17. Приведите уравнение лучистого теплообмена между газом и окружающими стенками и объясните значение составляющих величин
18. Что такое массообмен и как он осуществляется?
19. В каких случаях теплообмен сопровождается переносом массы?
20. Какие числа подобия входят в критериальные уравнения тепломассообмена? Что они характеризуют?
21. Сформулируйте закон Фика для потока массы, передаваемого молекулярной диффузией. Приведите размерность коэффициента молекулярной диффузии D.
22. Напишите формулу для потока вещества при конвективном массообмене. Приведите размерность коэффициента массоотдачи β.
23. Дайте анализ уравнения переноса массы и температурного поля в пористых телах.
24. Напишите уравнения для определения интенсивности тепломассообмена с поверхности тела и произведите анализ его составляющих.

**Тема 2.4 Применение теплоты в сельском хозяйстве.**

Современное с/х является крупным потребителем тепловой энергии: теплота используемая 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 непременно возрастает, но доля её в себестоимости сельскохозяйственной продукции ещё велика. В стоимости производства тепловой энергии в сельском хозяйстве большую часть составляют расходы на топливо и на оплату обслуживающего персонала.

Увеличение производства тепловой энергии должно быть связано с одновременным сокращением удельных расходов топлива и затрат труда, а это возможно лишь при использовании современного теплотехнического оборудования, оснащённого средствами автоматики, при правильном выборе рациональных схем теплоснабжения.

 Обратите внимание на специфику теплопотребления в сельском хозяйстве, изучите современные теплоэнергетические установки и способы повышения их экономичности, на источники тепловой энергии в сельском хозяйстве.

При изучении этого раздела особое внимание нужно уделить вопросу подсчёта потребного количества теплоты. В основу этого расчёта положено уравнение теплового баланса между притоками и расходами теплоты. При определении потерь теплоты через ограждающие конструкции здания важно правильно определить коэффициенты теплопередачи того или иного типа ограждений.

Нужно ознакомиться с источниками тепловыделений. Теплопотери зданием могут быть определены и по укрупнённым показателям, т. е. по удельным тепловым характеристикам зданий.

Нужно ознакомиться с суточными и годовыми графиками потребления теплоты на отопление. Ознакомьтесь с типами и характеристиками нагревательных приборов для систем отопления, тепловым расчётом их площади нагрева, с методикой подбора нагревательных приборов.

Расчёт воздухообмена в помещении ведётся 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 и летнего режимов работы кондиционеров. Ознакомьтесь с системами кондиционирования и конструкциями кондиционеров.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Как подсчитываются теплопотери через ограждающие конструкции зданий?

2. Чему равна величина сопротивления теплопередачи для многослойного ограждения?

3. Как определяют теплопотери зданиями по укрупнённым показателям?

4. Каковы основные способы возмещения теплопотерь сельскохозяйственных помещений?

5. Как производится подбор отопительных приборов?

6. Каковы основные задачи систем вентиляции и кондиционирования?

7. Как подсчитать необходимое количества 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.

1. **ВЫПОЛНЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Домашняя контрольная работа выполняется в обычной ученической тетради в клетку от руки или с применением средств ПЭВМ в скоросшивателе с заполнением титульного листа (Приложение 1).

Оформление текста:

* размер бумаги А4; колонтитулы – 1,25 см; шрифт Times New Roman (основной текст), размер 14; выравнивание текста по ширине;
* поля: 30 мм – левое; 10 мм – правое; 20 мм – верхнее и нижнее;
* межстрочное расстояние – одинарное;
* красная строка – 1,5 см.

Нумерация страниц текста контрольной работы сквозная, номер проставляется в середине нижнего поля без точек и тире арабскими цифрами, первая страница не нумеруются.

Последовательность задания студент имеет право изменить, но обязан выполнить все задания по своему варианту. При выполнении каждого задания ставится номер задания (вопроса) согласно своего варианта, приводится полностью задание, а затем дается полный ответ с приведением иллюстраций, формул (с расшифровкой), таблиц, схем, графиков.

Вариант теоретического задания выбирается по двум последним цифрам зачетной книжки, практического задания по последней цифре зачетной книжки.

Дается общая оценка «зачтено» или «не зачтено». Если работа не зачтена, в нее необходимо внести соответствующие исправления с учетом сделанных замечаний. Повторная проверка работы осуществляется, как правило, тем же преподавателем, который рецензировал ее в первый раз. Студенты, не выполнившие контрольную работу или не получившие зачета по ней, к экзамену не допускаются.

Выполнение контрольного задания студент должен представить преподавателю для проверки за две недели до экзаменационной сессии.

В конце домашней контрольной работы приводится перечень используемой литературы.

1. **КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ**

***Задание 1.*** Дать развернутые ответы на вопросы. Номера вопросов для каждого варианта указаны в таблице №1. Перечень вопросов представлен ниже. Номер варианта соответствует двум последним цифрам зачетной книжки.

Таблица №1.

|  |  |
| --- | --- |
| Предпоследняя цифра шифра | Последняя цифра шифра |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1,11,21,31,41,51 | 2,12,22,32,42,52 | 3,13,23,33,43,53 | 4,14,24,34,44,54 | 5,15,25,35,45,55 | 6,16,26,36,46,56 | 7,17,27,37,47,57 | 8,18,28,38,48,58 | 9,19,29,39,49,59 | 10,20,30,40,50,60 |
| 1 | 2,13,24,35,46,57 | 3,14,25,36,47,58 | 4,15,21,37,48,59 | 5,16,27,38,49,60 | 6,17,28,39,46,51 | 7,18,29,31,41,52 | 8,19,30,36,42,53 | 9,20,26,40,43,54 | 10,11,22,33,44,55 | 1,12,23,34,45,56 |
| 2 | 3,15,27,39,42,53 | 2,16,28,40,43,54 | 5,17,29,31,44,55 | 6,18,30,32,45,56 | 7,19,21,33,46,57 | 8,20,22,34,47,58 | 9,11,23,35,48,59 | 10,12,24,36,49,60 | 1,13,25,36,50,51 | 2,24,26,38,41,52 |
| 3 | 4,17,30,33,48,60 | 5,18,21,34,49,51 | 6,19,22,35,50,52 | 7,20,23,36,41,58 | 8,11,24,37,42,54 | 9,12,25,38,43,55 | 10,13,26,39,44,56 | 1,14,27,40,47,57 | 2,15,28,31,46,58 | 3,16,29,32,47,59 |
| 4 | 5,19,23,37,43,56 | 6,20,24,38,44,57 | 7,11,25,39,45,58 | 8,12,26,40,46,59 | 9,13,27,31,47,60 | 10,14,28,32,48,51 | 1,15,29,33,49,52 | 2,16,30,34,50,53 | 3,17,21,35,41,54 | 4,18,22,36,42,55 |
| 5 | 6,12,26,38,44,52 | 7,13,27,39,45,53 | 8,14,28,40,46,54 | 9,15,29,31,47,55 | 10,16,30,32,48,56 | 1,17,21,33,49,57 | 2,18,22,34,50,58 | 3,19,23,35,41,59 | 4,20,24,36,42,60 | 5,11,25,37,43,51 |
| 6 | 7,14,29,32,47,54 | 8,15,30,33,48,55 | 9,16,21,34,49,56 | 10,17,22,35,50,57 | 1,18,23,36,41,58 | 2,19,24,37,42,59 | 3,20,25,38,43,60 | 4,11,26,39,44,51 | 5,12,27,40,42,52 | 6,13,28,31,46,53 |
| 7 | 8,16,22,34,45,55 | 9,17,23,35,46,56 | 10,18,24,36,47,57 | 1,19,25,37,48,58 | 2,20,26,38,49,59 | 3,11,27,39,50,60 | 4,12,28,40,41,51 | 5,13,29,31,42,52 | 6,14,30,32,43,53 | 7,15,21,33,44,54 |
| 8 | 9,18,25,40,50,59 | 10,19,26,31,41,60 | 1,20,27,32,42,51 | 2,11,28,33,43,52 | 3,12,29,34,44,53 | 4,13,30,35,45,54 | 5,14,21,36,46,55 | 6,15,22,37,47,56 | 7,16,23,38,48,57 | 8,17,24,39,49,58 |
| 9 | 10,20,28,36,49,58 | 1,11,29,37,50,59 | 2,13,30,38,41,60 | 3,12,21,39,42,51 | 4,15,22,40,43,52 | 5,14,23,31,44,53 | 6,17,24,32,45,54 | 7,16,25,33,46,55 | 8,19,26,34,47,56 | 9,18,27,35,48,57 |

**Вопросы для задания 1.**

1. История развития гидравлики.
2. Силы, действующие на жидкость.
3. Гидростатическое давление и его свойства.
4. Основные уравнения гидростатики.
5. Виды гидростатического давления.
6. Приборы для измерения гидростатического давления.
7. Сила гидростатического давления на плоскую стенку.
8. Сила гидростатического давления на криволинейную стенку.
9. Гидростатический парадокс.
10. Методы изучения движения жидкости. Основные понятия кинематики жидкости.
11. Понятие потока жидкости, гидравлические элементы потока. Расход и средняя скорость потока.
12. Уравнение неразрывности и постоянства расхода жидкости.
13. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера).
14. Приборы для измерения расхода жидкости.
15. Уравнение Бернулли. Физический смысл. Турбулентность.
16. Закон Архимеда. Условия плавания тел.
17. Закон Паскаля. Гидравлический парадокс.
18. Физические свойства жидкостей и газов.
19. Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса.
20. Потери напора по длине трубопровода и на местных сопротивлениях.
21. Гидравлический удар в трубопроводах.
22. Истечение жидкости через отверстия.
23. Истечение жидкости через насадки.
24. Насосы. Классификация и основные параметры насосов.
25. Центробежные насосы. Принцип работы, характеристики центробежных насосов.
26. Поршневые насосы. Принцип работы, главная характеристика поршневых насосов.
27. Роторные насосы.
28. Основы сельскохозяйственного водоснабжения.
29. Гидромелиорация.
30. Механизированное орошение.
31. Основные понятия и определения технической термодинамики.
32. Агрегатное состояние вещества. Рабочее тело и его параметры.
33. Законы идеальных газов.
34. Количество вещества. Закон Авогадро. Уравнение Менделеева – Клайперона.
35. Понятие чистого вещества и смеси. Закон дальтона. Состав смесей.
36. Теплоемкость газов. Уравнение Майера.
37. Первое начало термодинамики. Энтропия. Энтальпия.
38. Изометрический процесс. Анализ, графическое изображение.
39. Изобарный процесс. Анализ, графическое изображение.
40. Изохорный процесс. Анализ, графическое изображение.
41. Политропный процесс. Анализ, графическое изображение.
42. Адиабатный процесс. Анализ, графическое изображение.
43. Второе начало термодинамики. Круговые процессы. Цикл Сади-Карно.
44. Компрессоры. Их назначение, классификация.
45. Водяной пар. Основные понятия и определения.
46. Теплообмен. Способы переноса теплоты.
47. Теплопроводность. Закон Фурье.
48. Конвективный теплообмен. Закон теплоотдачи Ньютона.
49. Лучистый теплообмен. Закон Стефана – Больцмана.
50. Котельные установки. Основное и вспомогательное оборудование. Схема котельной установки.
51. Тепловой баланс парового котла.
52. Нагреватели воздуха. Их назначение, классификация, устройство.
53. Холодильные установки. Принцип работы.
54. Системы отопления. Их назначения, классификация.
55. Системы горячего водоснабжения. Их назначения, классификация.
56. Системы вентиляции. Их назначение, классификация.
57. Котлы водогрейные малой производительности.
58. Котлы типа ДКВР.
59. Теплопроводность плоской стенки.
60. Идеальные циклы ДВС. Основные допущения.

***Задание 2.*** Определить минимальную толщину стенки стальной трубы. Все нужные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | d, см | Р, кг/см2 | δq, кг/см2 |
| 1 | 50  | 10  | 500  |
| 2 | 40  | 15  | 450  |
| 3 | 55  | 10  | 550  |
| 4 | 45  | 20  | 400  |
| 5 | 60  | 25  | 600  |
| 6 | 25  | 20  | 350  |
| 7 | 65  | 30  | 600  |
| 8 | 20  | 15  | 500  |
| 9 | 50  | 25  | 450  |
| 0 | 30 | 20 | 400 |

***Задание 3.*** Найти необходимое количество теплоты. Данные для решения задания приведены в таблице 3.

Таблица 3.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Р, Н | t1, C0 | t2, C0 | m, кг |
| 1 | Const | 400 | 1800 | 0,2 |
| 2 | 500 | 1900 | 0,3 |
| 3 | 600 | 2000 | 0,2 |
| 4 | 450 | 1850 | 0,4 |
| 5 | 550 | 1950 | 0,2 |
| 6 | 650 | 2050 | 0,5 |
| 7 | 350 | 1750 | 0,2 |
| 8 | 700 | 2100 | 0,6 |
| 9 | 300 | 1700 | 0,2 |
| 0 | 500 | 2000 | 0,3 |

***Задание 4.*** Определить годовой расход условного топлива на электростанции. Данные представлены в таблице 4.

 Таблица 4.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | Э, кг | $Q\_{H}^{p}$, кДж/кг |
| 1 | 1,8\*109 | 15650 |
| 2 | 1,5\*109 | 16250 |
| 3 | 1,7\*109 | 17150 |
| 4 | 2,0\*109 | 16750 |
| 5 | 1,6\*109 | 15850 |
| 6 | 2,1\*109 | 16550 |
| 7 | 1,4\*109 | 17350 |
| 8 | 2,3\*109 | 15450 |
| 9 | 1,2\*109 | 17650 |
| 0 | 2,2\*109 | 15150 |

***Задание 5.*** Определить минимальное и максимальное число Рейнольдса и режим течения воды в трубопроводе. Данные для решения даны в таблице 5.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | dmin, мм | dmax, мм | V1, м/с | V2, м/с | ν1, м/с | ν2, м/с |
| 1 | 10 | 3488 | 0,4 | 0,3 | 1,77\*10-6 | 0,79\*10-6 |
| 2 | 12 | 3500 | 0,5 | 0,4 | 1,79\*10-6 | 0,81\*10-6 |
| 3 | 14 | 3512 | 0,6 | 0,5 | 1,81\*10-6 | 0,83\*10-6 |
| 4 | 16 | 3524 | 0,7 | 0,6 | 1,83\*10-6 | 0,85\*10-6 |
| 5 | 18 | 3536 | 0,8 | 0,7 | 1,85\*10-6 | 0,87\*10-6 |
| 6 | 20 | 3548 | 0,9 | 0,8 | 1,87\*10-6 | 0,89\*10-6 |
| 7 | 22 | 3550 | 1,0 | 0,9 | 1,89\*10-6 | 0,91\*10-6 |
| 8 | 24 | 3562 | 1,1 | 1,0 | 1,91\*10-6 | 0,93\*10-6 |
| 9 | 26 | 3574 | 1,2 | 1,1 | 1,93\*10-6 | 0,95\*10-6 |
| 0 | 28 | 3586 | 1,3 | 1,2 | 1,95\*10-6 | 0,97\*10-6 |

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

1. Алексеев Г.Н. Общая теплотехника.- М.: Высшая школа, 2003.
2. Баскова А.П. Теплотехника.- М.: Энергоизд, 2004.
3. Брюханов О.Н. Основы гидравлики и теплотехники.- М.: Академия, 2008.
4. Захаров А.А. Применение теплоты в сельском хозяйстве.- М.: Агропромиздат, 2002.
5. Ухин Б.В. Гидравлика.- М.: ИНФРА-М, 2010.
6. Чугуев Р.Р. Гидравлика.-Л.: Энергоиздат, 2000.
7. Источники интернета.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

*Образец заполнения титульного листа домашней контрольной работы*

Министерство образования Кировской области

КОГПОБУ «Кировский сельскохозяйственный техникум имени дважды Героя Социалистического Труда А.Д. Червякова»

**Контрольная работа №1**

*По дисциплине «Основы гидравлики и теплотехники»*

Номер зачётки:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Проверила: В.В.Банникова

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Выполнил: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ группа\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Котельнич 20\_\_.