|  |
| --- |
| Министерство науки и высшего образования Российской Федерации |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение |
| высшего образования |
| «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина |
| (Технологии. Дизайн. Искусство)» |
|  |
| Институт  | Химических технологий, промышленной экологии и безопасности |
| Кафедра  | Энергоресурсоэффективных технологий, промышленной экологии и безопасности |

|  |
| --- |
| **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА****УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ** |
| **«Тепломассообмен»** |
| Уровень образования  | бакалавриат |
| Направление подготовки/Специальность | 13.03.01 | Теплоэнергетика и теплотехника |
| Направленность (профиль)/Специализация | Промышленная теплоэнергетика |
| Срок освоения образовательной программы по очной форме обучения | 4 года11м |
| Форма обучения | заочная |

|  |
| --- |
| Рабочая программа учебной дисциплины «Тепломассообмен» основной профессиональной образовательной программы высшего образования*,* рассмотрена и одобрена на заседании кафедры, протокол № 10 от 14.06.2021 г. |
| Разработчик рабочей программы учебной дисциплины: |
|  | доцент | Н.М. Шарпар |
|  |  |  |
| Заведующий кафедрой: | О.И. Седляров |

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

* + - 1. Учебная дисциплина «Тепломассообмен» изучается на втором, третьем курсах.
			2. Курсовая работа – предусмотрена на 3 курсе.

## Форма промежуточной аттестации:

|  |  |
| --- | --- |
| четвертый семестр | - экзамен |
| шестой семестр | - экзамен |

## Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

* + - 1. Учебная дисциплина «Тепломассообмен» относится к обязательной части программы.
			2. Изучение дисциплины опирается на результаты освоения образовательной программы предыдущего уровня.
			3. Основой для освоения дисциплины являются результаты обучения по предшествующим дисциплинам и практикам:
		- Гидрогазодинамика;
		- Математические методы в теплофизике и теплоэнергетике;
		- Основы инженерного проектирования теплоэнергетических систем (AutoCAD);
		- Теплофизика;
		- Химия неорганическая;
		- Химия органическая;
		- Уравнения математической физики в экологии и теплоэнергетике;
		- Математика;
		- Физика;
		- Нагнетатели, тепловые двигатели и энергетические установки;
		- Экспериментальные методы исследований в теплофизике.
			1. Результаты обучения по учебной дисциплине, используются при изучении следующих дисциплин и прохождения практик:
		- Теория подобия и физическое моделирование в промышленной теплоэнергетике;
		- Энергетический аудит промышленных предприятий;
		- Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха на промышленных предприятиях;
		- Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии;
		- Тепломассообменное оборудование предприятий;
		- Источники и системы теплоснабжения предприятий;
		- Комбинированные энергетические установки;
		- Технологические энергоносители и энергосистемы предприятий;
		- Энергоэффективность систем централизованного теплоснабжения;
		- Основы трансформации теплоты;
		- Теплонасосные системы теплоснабжения;
		- Энергетические балансы промышленных предприятий;
		- Теплоэнергетические системы промышленных предприятий;
		- Надежность систем теплоснабжения;
		- Основы надежности трубопроводных систем.
			1. Результаты освоения учебной дисциплины в дальнейшем будут использованы при прохождении производственной практики и выполнении выпускной квалификационной работы.

# ЦЕЛИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕПЛОМАССООБМЕН»

* + - 1. Целями освоения дисциплины «Тепломассообмен» является:
		- формирование знаний основных физических моделей переноса теплоты и массы в неподвижных и движущихся средах;
		- формирование у студентов базовых знаний в области теории тепловых и массообменных процессов, развитие навыков самостоятельного ориентирования в широком круге теоретических и прикладных вопросов по теории тепломассообмена при эксплуатации и использования теплотехнического оборудования;
		- умение и навыки использовать методы расчета потоков теплоты и массы, полей температуры и концентрации компонентов смесей, базирующиеся на этих моделях, методы экспериментального изучения процессов тепломассообмена и определения переносных свойств;
		- развитие способности обучаемых к физическому и математическому моделированию процессов переноса теплоты (массы), протекающих в реальных физических объектах, в частности, в установках энергетики и промышленности;
		- формирование у обучающихся компетенций установленных образовательной программой в соответствии с ФГОС ВО по данной дисциплине;
		- квалифицированное проведение элементарных расчетов задач теплопроводности, конвективного теплообмена, теплообмена при фазовых и химических превращениях и теплообмена излучением, массообмена, теплогидравлики;
		- освоение типовых методик расчета теплообменных аппаратов теплоэнергетических установок и систем теплоснабжения.
			1. Результатом обучения по учебной дисциплине является овладение обучающимися знаниями, умениями, навыками и опытом деятельности, характеризующими процесс формирования компетенций и обеспечивающими достижение планируемых результатов освоения учебной дисциплины.

## Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, соотнесённые с планируемыми результатами обучения по дисциплине «Тепломассообмен»:

| **Код и наименование компетенции** | **Код и наименование индикатора****достижения компетенции** | **Планируемые результаты обучения** **по дисциплине**  |
| --- | --- | --- |
| УК-6Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни | ИД-УК-6.1Эффективно планирует собственное время | * Применяет основные приемы эффективного управления собственным временем;
* Эффективно планирует и контролирует собственное время;
* Демонстрирует понимание методик саморазвития и самообразования в течение всей жизни;
* Анализирует технологии приобретения, использования и обновления социо-культурных и профессиональных знаний, умений и навыков;
* Использует методы саморегуляции, саморазвития и самообучения.
 |
| ИД-УК-6.2Планирует траекторию своего профессионального развития и предпринимает шаги по её реализации |
| ОПК-2Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач | ИД-ОПК-2.1Применяет математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов | * Способен применять процессы переноса теплоты и массы, физико-математические модели этих процессов, простейшие методы их применения для расчета температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок;
* Производит расчет температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических;
* Использует методы оценки основных погрешностей измерений;
* Демонстрирует навыки экспериментальных измерений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел;
* Применяет закон распространения тепла Фурье с применением коэффициента теплопроводности для разных материалов при многослойной и цилиндрической стенках;
* Определяет поле температур в тонком стержне (ребре);
* Определяет тепловой поток в тонком стержне (ребре) и теплообмен через оребрённую стенку;
* Демонстрирует знания математических формулировок основных законов и правил в области теплоэнергетики и теплотехники;
* Владеет методами оценки технической эффективности объектов профессиональной деятельности и навыками математического обоснования этих методов;
* Использует полученную в результате обучения теоретическую и практическую базу для получения математического описания объектов и систем в виде дифференциальных уравнений, структурных схем, построения их характеристик и моделирования
* Использует программные расчёты охлаждения камеры сгорания для разных температур горения и пары горючего и окислителя топлива.
 |
| ИД-ОПК-2.2Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики |
| ИД-ОПК-2.3Демонстрирует понимание химических процессов и применяет основные законы химии |
| ИД-ОПК-2.4Демонстрирует понимание основ автоматического управления и регулирования |
| ИД-ОПК-2.5Выполняет моделирование систем автоматического регулирования |
| ОПК-3Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах | ИД-ОПК-3.1 Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа | * Демонстрирует понимание основных законов механики жидкости и газа и применяет их для расчета элементов теплотехнических установок и систем;
* Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем;
* Демонстрирует понимание основных законов переноса теплоты; конвективного теплообмена; теплового излучения; дифференциальных уравнений переноса теплоты; уравнения сохранения энергии; дифференциального уравнения теплопроводности; основных законов переноса вещества; молекулярной диффузии; диффузии в движущейся среде; дифференциальных уравнений диффузии; уравнение движения вязкой жидкости (Навье-Стокса); режимов движения жидкости; уравнений неразрывности; характеристик турбулентного движения (характер, структура); правил осреднения турбулентных величин и уравнения сохранения движения; уравнения неразрывности, движения и сохранения скалярной субстанции для турбулентного движения, коэффициенты переноса; основных положений теории подобия; критериев подобия (гидравлической гомохронности и режима движения, число Рейнольдса); чисел Эйлера и Фруда; числа Галилея и Архимеда;
* Демонстрирует основные законы термодинамики, термодинамические соотношения, термодинамические процессы, циклы и их показатели
 |
| ИД-ОПК-3.2 Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установков и систем |
| ИД-ОПК-3.3 Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем |
| ИД-ОПК-3.4 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений |
| ИД-ОПК-3.5 Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей |
| ИД-ОПК-3.6 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы |
| ИД-ОПК-3.7Применяет знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках |

# СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

* + - 1. Общая трудоёмкость учебной дисциплины по учебному плану составляет:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| по заочной форме обучения –  | 8 | **з.е.** | 288 | **час.** |

## Структура учебной дисциплины для обучающихся по видам занятий

|  |
| --- |
| **Структура и объем дисциплины** |
| **Объем дисциплины по семестрам** | **форма промежуточной аттестации** | **всего, час** | **Контактная аудиторная работа, час** | **Самостоятельная работа обучающегося, час** |
| **лекции, час** | **практические занятия, час** | **лабораторные занятия, час** | **практическая подготовка, час** | ***курсовая работа/курсовой проект*** | **самостоятельная работа обучающегося, час** | **промежуточная аттестация, час** |
| 2 курс |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| зимняя сессия |  | 72 | 4 | 4 | 4 |  |  | 60 |  |
| летняя сессия | экзамен | 36 |  |  |  |  |  | 27 | 9 |
| 3 курс |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| установочная сессия |  | 72 | 6 | 6 | 6 |  |  | 54 |  |
| зимняя сессия | курсовая работа | 72 | 6 | 6 | 6 |  |  | 54 |  |
| летняя сессия | экзамен | 36 |  |  |  |  |  | 27 | 9 |
| Всего: |  | 288 | 16 | 16 | 16 |  |  | 222 | 18 |

## Структура учебной дисциплины для обучающихся по разделам и темам дисциплины: (заочная форма обучения)

| **Планируемые (контролируемые) результаты освоения:** **код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций** | **Наименование разделов, тем;****форма(ы) промежуточной аттестации** | **Виды учебной работы** | **Самостоятельная работа, час** | **Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости;****формы промежуточного контроля успеваемости** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Контактная работа** |
| **Лекции, час** | **Практические занятия, час** | ***Лабораторные работы/ индивидуальные занятия, час*** | **Практическая подготовка, час** |
|  | **Зимняя сессия (курс 2)** |
| УК-6:ИД-УК-6.1ИД-УК-6.2ОПК-2:ИД-ОПК-2.1ИД-ОПК-2.2ИД-ОПК-2.3ИД-ОПК-2.4ИД-ОПК-2.5ОПК-3:ИД-ОПК-3.1 ИД-ОПК-3.2 ИД-ОПК-3.3 ИД-ОПК-3.4 ИД-ОПК-3.5 ИД-ОПК-3.6 ИД-ОПК-3.7 | **Раздел I. Способы передачи теплоты. Стационарная и нестационарная теплопроводность** | х | х | х | х | 30 |  |
| Тема 1.1 Способы тепло- и массопереноса. Стационарная теплопроводность. | 1 |  |  |  | х | Формы текущего контроля по разделу I:1. устный опрос2. тестирование3. семинар-конференция, 4. контрольные работы, 5. индивидуальные домашние задания,6. письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы,7. письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ,8. защита лабораторных работ. |
| Тема 1.2 Нестационарная теплопроводность. | 1 |  |  |  | х |
| Практическое занятие № 1.1 Расчет количества тепла, передаваемого через однослойную и многослойную плоские стенки при стационарном режиме и граничных условиях первого рода. Расчет количества тепла, передаваемого через однослойную и многослойную цилиндрические стенки при стационарном режиме и граничных условиях первого рода.Расчет количества тепла, передаваемого через однослойную и многослойную стенки при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода.Нестационарные задачи теплопроводности. Метод Фурье применительно к телам простой геометрии. |  | 1 |  |  | х |
| Практическое занятие № 1.2 Расчет температурного поля в бесконечной пластине и цилиндре.Методы подобия и размерностей в задачах теплопроводности и конвективного теплообмена. Числа подобия.Расчет теплоотдачи при внешнем обтекании тел. |  | 1 |  |  | х |
| Лабораторная работа № 1.1 Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала. |  |  | 1 |  | х |
| Лабораторная работа № 1.2 Определение коэффициента теплопроводности ткани |  |  | 1 |  | х |
| УК-6:ИД-УК-6.1ИД-УК-6.2ОПК-2:ИД-ОПК-2.1ИД-ОПК-2.2ИД-ОПК-2.3ИД-ОПК-2.4ИД-ОПК-2.5ОПК-3:ИД-ОПК-3.1 ИД-ОПК-3.2 ИД-ОПК-3.3 ИД-ОПК-3.4 ИД-ОПК-3.5 ИД-ОПК-3.6 ИД-ОПК-3.7 | **Раздел II. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена** | х | х | х | х | 30 | Формы текущего контроля по разделу II:1. устный опрос2. тестирование3. семинар-конференция, 4. контрольные работы, 5. индивидуальные домашние задания,6. письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы,7. письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ,8. защита лабораторных работ,9. Реферат/доклад с презентацией |
| Тема 2.1 Дифференциальные уравнения теплообмена. Основы теории подобия. | 1 |  |  |  | х |
| Тема 2.2 Теплообмен при свободной и смешанной конвекции.Теплообмен при вынужденной конвекции. | 1 |  |  |  | х |
| Практическое занятие № 2.1 Расчет критического диаметра цилиндрической стенки. Расчет количества тепла, передаваемого через ребристую стенку. |  | 1 |  |  | х |
| Практическое занятие № 2.2 Расчет коэффициентов теплоотдачи при конвективном теплообмене. |  | 1 |  |  | х |
| Лабораторная работа № 2.1 Изучение свободной конвекции около вертикальной трубы.Определение среднего коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы при свободном движении воздуха. |  |  | 1 |  | х |
| Лабораторная работа № 2.2 Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденном движении воздуха внутри трубы.Теплоотдача при поперечном обтекании цилиндра воздухом |  |  | 1 |  | х |
|  | **ИТОГО зимняя сессия (курс 2)** | **4** | **4** | **4** |  | **60** |  |
|  | **Летняя сессия (курс 2)** |
|  | Экзамен | х | х | х | х | 9 | экзамен по билетам в письменной форме |
|  | **ИТОГО летняя сессия (курс 2)** |  |  |  |  | **36** |  |
|  | **Установочная сессия (курс 3)** |
| УК-6:ИД-УК-6.1ИД-УК-6.2ОПК-2:ИД-ОПК-2.1ИД-ОПК-2.2ИД-ОПК-2.3ИД-ОПК-2.4ИД-ОПК-2.5ОПК-3:ИД-ОПК-3.1 ИД-ОПК-3.2 ИД-ОПК-3.3 ИД-ОПК-3.4 ИД-ОПК-3.5 ИД-ОПК-3.6 ИД-ОПК-3.7 | **Раздел III. Теплообмен излучением** | х | х | х | х | 27 | Формы текущего контроля по разделу III:1. устный опрос2. тестирование3. семинар-конференция, 4. контрольные работы, 5. индивидуальные домашние задания,6. письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы,7. письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ,8. защита лабораторных работ. |
| Тема 3.1 Определение основных величин.Законы излучения. | 1 |  |  |  | х |
| Тема 3.2 Теплообмен излучением между телами в прозрачных средах.Теплообмен излучением в поглощающих средах.Сложный теплообмен. | 2 |  |  |  | х |
| Практическое занятие № 3.1 Расчёт теплообмена излучением от излучающей и поглощающей среды к поверхностям нагрева теплообменных устройств |  | 1 |  |  | х |
| Лабораторная работа № 3.1 Исследование теплообмена излучением. |  |  | 1 |  | х |
| Лабораторная работа № 3.2 Изучение сложного теплообмена. |  |  | 1 |  | х |
| УК-6:ИД-УК-6.1ИД-УК-6.2ОПК-2:ИД-ОПК-2.1ИД-ОПК-2.2ИД-ОПК-2.3ИД-ОПК-2.4ИД-ОПК-2.5ОПК-3:ИД-ОПК-3.1 ИД-ОПК-3.2 ИД-ОПК-3.3 ИД-ОПК-3.4 ИД-ОПК-3.5 ИД-ОПК-3.6 ИД-ОПК-3.7 | **Раздел IV. Теплообмен при изменении агрегатного состояния однокомпонентных теплоносителей** | х | х | х | х | 27 | Формы текущего контроля по разделу IV:1. устный опрос2. тестирование3. семинар-конференция, 4. контрольные работы, 5. письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы,6. письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ,7. защита лабораторных работ. |
| Тема 4.1 Конденсация чистого пара  | 2 |  |  |  | х |
| Тема 4.2 Кипение однокомпонентных жидкостей | 1 |  |  |  | х |
| Практическое занятие № 4.1 Расчет количества тепла при конденсации. |  | 0.5 |  |  | х |
| Практическое занятие № 4.2 Теплоотдача при плёночной конденсации пара на вертикальной поверхности и горизонтальной трубе. Ламинарное течение пленки конденсата. |  | 0.5 |  |  | х |
| Практическое занятие № 4.3 Теплоотдача при плёночной конденсации пара на вертикальной поверхности. Смешанный режим течения пленки конденсата. Учет дополнительных факторов при расчете теплоотдачи при конденсации. |  | 1 |  |  | х |
| Практическое занятие № 4.4 Механизм кипения жидкостей. Расчет основных параметров кипящей жидкости. |  | 1 |  |  | х |
| Практическое занятие № 4.5 Расчет теплоотдачи при развитом пузырьковом и пленочном кипении в большом объёме. Кризис кипения первого рода. |  | 1 |  |  | х |
| Практическое занятие № 4.6 Расчет теплоотдачи при кипении в трубах. Кризис кипения второго рода. Граничное паросодержание. Расчет запаса до кризиса кипения. |  | 1 |  |  | х |
| Лабораторная работа № 4.1 Теплоотдача при конденсации водяного пара. |  |  | 2 |  | х |
| Лабораторная работа № 4.2 Исследование теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости. |  |  | 2 |  | х |
|  | **ИТОГО установочная сессия (курс 3)** | **6** | **6** | **6** |  | **54** |  |
|  | **Зимняя сессия (курс 3)** |
| УК-6:ИД-УК-6.1ИД-УК-6.2ОПК-2:ИД-ОПК-2.1ИД-ОПК-2.2ИД-ОПК-2.3ИД-ОПК-2.4ИД-ОПК-2.5ОПК-3:ИД-ОПК-3.1 ИД-ОПК-3.2 ИД-ОПК-3.3 ИД-ОПК-3.4 ИД-ОПК-3.5 ИД-ОПК-3.6 ИД-ОПК-3.7 | **Раздел V. Расчет теплообменных аппаратов** | х | х | х | х | 10 | Формы текущего контроля по разделу V:1. устный опрос2. тестирование3. семинар-конференция, 4. контрольные работы, 5. письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы,6. письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ,7. защита лабораторных работ,8. Реферат/доклад с презентацией. |
| Тема 5.1 Рекуперативные теплообменники. | 2 |  |  |  | х |
| Тема 5.2 Регенеративные теплообменники. | 2 |  |  |  | х |
| Практическое занятие № 5.1 Основы расчета теплообменных аппаратов. Проектный и поверочный расчеты рекуперативных теплообменников. |  | 1 |  |  | х |
| Практическое занятие № 5.2 Расчет теплообменников-смесителей и регенеративных теплообменников. |  | 1 |  |  | х |
| Практическое занятие № 5.3 Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов. |  | 1 |  |  | х |
| Лабораторная работа № 5.1 Испытание рекуперативного теплообменника. |  |  | 6 |  | х |
| УК-6:ИД-УК-6.1ИД-УК-6.2ОПК-2:ИД-ОПК-2.1ИД-ОПК-2.2ИД-ОПК-2.3ИД-ОПК-2.4ИД-ОПК-2.5ОПК-3:ИД-ОПК-3.1 ИД-ОПК-3.2 ИД-ОПК-3.3 ИД-ОПК-3.4 ИД-ОПК-3.5 ИД-ОПК-3.6 ИД-ОПК-3.7 | **Раздел VI. Тепломассообмен в двухфазных средах и при химических превращениях** | х | х | х | х | 10 | Формы текущего контроля по разделу VI:1. устный опрос2. тестирование3. семинар-конференция, 4. контрольные работы, 5. письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы,6. письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ,7. защита лабораторных работ. |
| Тема 6.1 Тепломассообмен в двухфазных средах. | 1 |  |  |  | х |
| Тема 6.2 Тепломассообмен при химических превращениях. | 1 |  |  |  | х |
| Практическое занятие № 6.1 Концентрационная диффузия. Закон Фика. |  | 1 |  |  | х |
| Практическое занятие № 6.2 Расчет коэффициента массоотдачи и потока массы компонента на основе аналогии процессов тепло- и массообмена |  | 1 |  |  | х |
| Практическое занятие № 6.3Тепло- и массообмен при испарении (и конденсации пара) в парогазовую среду. |  | 1 |  |  | х |
|  | Выполнение курсовой работы  | х | х | х | х | 34 | защита курсовой работы |
|  | **ИТОГО зимняя сессия (курс 3)** | **6** | **6** | **6** |  | **54** |  |
|  | **Летняя сессия (курс 3)** |
|  | Экзамен | х | х | х | х | 9 | экзамен по билетам в письменной форме |
|  | **ИТОГО летняя сессия (курс 3)** |  |  |  |  | **36** |  |
|  | **ИТОГО за весь период** | **16** | **16** | **16** |  | **240** |  |

## Краткое содержание учебной дисциплины

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ пп** | **Наименование раздела и темы дисциплины** | **Содержание раздела (темы)** |
| **Раздел I** | **Способы передачи теплоты. Стационарная и нестационарная теплопроводность** |
| Тема 1.1 | Способы тепло- и массопереноса. Стационарная теплопроводность. | Способы тепло- и массопереноса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия. Феноменологический метод изучения явлений тепло- и массообмена. Определение основных понятий: температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока. Вектор плотности теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности газов, жидкостей и твердых тел. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Метод математической физики для вывода ДУ теплопроводности. Полярная система координат. Условия однозначности. Граничные условия.Теплопроводность через плоские и цилиндрические стенки. Стационарная теплопроводность в плоской бесконечной пластине. ДУ теплопроводности (частный случай). Условия однозначности. Удельный тепловой поток. Система плоских стенок с ГУ 1-го рода. Система плоских стенок с ГУ 3-го рода. Стационарная теплопроводность при ГУ 3-го рода. Графический метод определения температур между слоями. Распределение температур в плоской стенке при зависимости теплопроводности от температуры. Теплопроводность через 1-ю цилиндрическую стенку. ДУ теплопроводности для цилиндрической стенки. Условия однозначности. Преобразование ДУ. Тепловой поток. Теплопроводность через трехслойную (многослойную) цилиндрическую стенку. Линейное термическое сопротивление. Теплоотдача через плоскую стенку. Термическое сопротивление теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Критический диаметр теплоизоляции. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Падения температур. Линейное термическое сопротивление теплопередачи. Линейный коэффициент теплопередачи. Интенсификация теплопередачи. Теплопередача через оребренную стенку. Тепловой поток, переданный через оребренную стенку. Эффект оребрения. Эффективность ребра. |
| Тема 1.2 | Нестационарная теплопроводность. | Уравнение нестационарной теплопроводности в обобщенном виде. Охлаждение (нагревание) пластины. Охлаждение (нагревание) цилиндра. Регулярный режим. Внутренняя задача. Внешняя задача. Температурное поле в пластине. Теплота, отданная от пластины к жидкости. Средняя по толщине пластины безразмерная избыточная температура. Охлаждение (нагревание) бесконечного цилиндра. Числа подобия для охлаждения (нагревания) цилиндра. Безразмерные избыточные температуры. Теплота, отданная от цилиндра к окружающей его жидкости. Регулярный режим охлаждения. Регулярный режим охлаждения (нагревания) тел. I – неупорядоченная стадия охлаждения. II стадия охлаждения –регулярный режим. Теплопроводность в стержнях. Теплопроводность при наличии внутр ист тепла. Численные методы теплопроводности. |
| **Раздел II** | **Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена** |
| Тема 2.1 | Дифференциальные уравнения теплообмена. Основы теории подобия. | Теория подобия физических явлений. Условия подобия процессов конвективного теплообмена. Условия подобия физических явлений. Безразмерное дифференциальное уравнение теплоотдачи. Приведение к безразмерному виду дифференциального уравнения энергии. Безразмерное дифференциальное уравнение энергии. Приведение к безразмерному виду уравнения движения. Числа подобия Рейнольдса, Грасгофа, Эйлера. Безразмерное дифференциальное уравнение сплошности (неразрывности). Безразмерные система уравнений и граничные условия. Определяемые и определяющие числа подобия. Общий вид решений конвективной теплоотдачи в безразмерном виде. Виды подобий. II и III теоремы подобия физических явлений. Геометрическое подобие. Константы подобия. Подобие при свободном и вынужденном движении. Уравнения подобия и их применения. Метод размерностей. Подобие явлений различной физической природы. Аналогия. Моделирование процессов конвективного теплообмена. |
| Тема 2.2 | Теплообмен при свободной и смешанной конвекции. Теплообмен при вынужденной конвекции. | Конвективный теплообмен в однородной среде. Свободная (естественная) и вынужденная конвекции. Физические свойства жидкостей. Вязкость жидкости. Коэффициент объемного (температурного) расширения жидкости. Гидродинамический пограничный слой. Определение гидродинамического пограничного слоя. Режимы движения жидкости. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой. Толщина теплового пограничного слоя. Дифференциальное уравнение конвективной теплоотдачи. Система дифференциальных уравнений, описывающих конвективную теплоотдачу. Теплообмен при смешанной конвекции. Течение у вертикальной поверхности. Смешанная конвекция в различных системах. Вынужденная конвекция. Вынужденная конвекция в трубах и каналах. Свободная (естественная) конвекция. Безотрывное обтекание трубы. Теплоотдача при поперечном обтекании одиночной трубы. Отрыв пограничного слоя при ламинарном и турбулентном течении жидкости. Изменение локального коэффициента теплоотдачи. Отрыв турбулентного и ламинарного пограничных слоев от цилиндра. Уравнения подобия для поперечного обтекания одиночных цилиндров. Угол атаки. Поперечное обтекание трубных пучков. Изменение теплоотдачи по окружности трубы. Анализ изменения коэффициента теплоотдачи по рядам трубных пучков. Теплоотдача при поперечном обтекании трубных пучков. Изменение среднего коэффициента теплоотдачи по рядам трубных пучков. Режимы движения жидкости в трубном пучке. Уравнения подобия для теплоотдачи в трубных пучках. Средний по трубному пучку коэффициент теплоотдачи. |
| **Раздел III** | **Теплообмен излучением** |
| Тема 3.1  | Определение основных величин. Законы излучения. | Общие понятия лучистого теплообмена. Особенности лучистого теплообмена в разных средах. Тепловой баланс лучистого теплообмена. Тепловой баланс лучистого теплообмена в абсолютных единицах. Классификация потоков излучения. Планка, Вина, Кирхгофа, Стефана-Больцмана. |
| Тема 3.2  | Теплообмен излучением между телами в прозрачных средах. Теплообмен излучением в поглощающих средах. Сложный теплообмен | Теплообмен излучением в плоской щели (с системой экранов), между телом и оболочкой (при наличии экранов). Поглощение излучения газом. Расчет теплообмена излучением между поглощающей газовой средой и оболочкой. Горизонтальная щель. Тело в неограниченном объеме. Течение поглощающих газов в трубах и каналах. |
| **Раздел IV** | **Теплообмен при изменении агрегатного состояния однокомпонентных теплоносителей** |
| Тема 4.1  | Конденсация чистого пара  | Теплообмен при фазовых превращениях. Пленочная конденсация чистых паров. Конденсация пара на вертикальной стенке. Математическое описание процесса конденсации. Формула Нуссельта. Уравнения теплоотдачи для ламинарного движения пленки конденсата. Теплоотдача при турбулентном течении пленки конденсата. Конденсация пара на горизонтальной трубе. Уравнение подобия Бермана. Конденсация пара на горизонтальных трубных пучках. Теплообмен при конденсации чистого пара. |
| Тема 4.2  | Кипение однокомпонентных жидкостей | Определение пузырькового и пленочного кипения. Критический радиус пузырька. Теплообмен при пузырьковом кипении жидкостей. Описание процесса теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкостей. Уравнение подобия для теплоотдачи при пузырьковом кипении. Коэффициент теплоотдачи при кипении воды. Пленочное кипение. Механизм пленочного кипения жидкости. Теплоотдача при ламинарном движении паровой пленки. Теплоотдача при турбулентном течении паровой пленки. Структура потока при кипении жидкости в вертикальной трубе. Режимы движения потока при кипении жидкости в вертикальной трубе. Структура потока при кипении жидкости в горизонтальной трубе. Режимы движения потока при кипении жидкости в горизонтальной трубе. Интерполяционная формула Лабунцова. Кривая кипения воды при атмосферном давлении. Характерные области кривой кипения жидкости. Первый кризис кипения. Второй кризис кипения. Вторая критическая разность температур. |
| **Раздел V** | **Расчет теплообменных аппаратов** |
| Тема 5.1  | Рекуперативные теплообменники. | Рекуперативные теплообменники. Рекуперативный воздухоподогреватель парогенератора. Регенеративные теплообменники. Регенеративный воздухоподогреватель. Конструкция РВП. Насадка РВП. Смесительные теплообменники. Деаэрационная колонка струйного типа. Деаэрационная колонка струйно-барботажного типа. Теплообменники с внутренними источниками теплоты. Уравнение теплового баланса. Уравнение теплопередачи. Прямоток. Противоток. Сложный ток. Перекрестный ток. Изменение температур теплоносителей при прямотоке. Изменение температур теплоносителей при противотоке. Средняя разность температур между теплоносителями. Средняя разность температур между теплоносителями при других токах. Поправка на токи теплоносителей. Преимущества противоточных теплообменных аппаратов. Теплообмен при свободном и вынужденном движении среды. Тепловые процессы. Теплообменники. Нагрев острым паром. Теплообменное оборудование промышленных предприятий. Конструкция пластинчатых ТА. |
| Тема 5.2  | Регенеративные теплообменники. | Тепловой расчет регенеративных теплообменных аппаратов. Гидравлические и аэродинамические особенности их расчета. |
| **Раздел VI** | **Тепломассообмен в двухфазных средах и при химических превращениях** |
| Тема 6.1  | Тепломассообмен в двухфазных средах. | Тепломассообмен в двухфазных средах. Диффузия. Плотность потока массы. Закон Фика. Молекулярный перенос с учетом трех диффузий. Термо- и бародиффузия. Плотность теплового потока в смеси. Плотности тепловых потоков с учетом массообмена. Вывод дифференциального уравнения энергии с учетом массообмена. Дифференциальное уравнения энергии с учетом массообмена. Дифференциальное уравнение массообмена. Тройная аналогия. Число (критерий) Льюиса. Коэффициент массоотдачи. Тепломассообмен при испарении жидкости в паро-газовую среду. Уравнение подобия для массообмена при конденсации паро-воздушной смеси. |
| Тема 6.2  | Тепломассообмен при химических превращениях. | Основные положения тепломассообмена при химических превращениях. Уравнение энергии с учетом массообмена. |

## Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – обязательная часть образовательного процесса, направленная на развитие готовности к профессиональному и личностному самообразованию, на проектирование дальнейшего образовательного маршрута и профессиональной карьеры.

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине организована как совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя и по его заданию*.* Аудиторная самостоятельная работа обучающихся входит в общий объем времени, отведенного учебным планом на аудиторную работу, и регламентируется расписанием учебных занятий.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – планируемая учебная, научно-исследовательская, практическая работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, расписанием учебных занятий не регламентируется.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся включает в себя:

подготовку к лекциям, практическим и лабораторным занятиям, зачетам, экзаменам;

изучение учебных пособий;

изучение разделов/тем, не выносимых на лекции и практические занятия самостоятельно;

написание тематических докладов, рефератов на проблемные темы;

конспектирование монографий, или их отдельных глав, статей;

участие студентов в составлении тестов;

проведение исследовательских работ;

изучение теоретического и практического материала по рекомендованным источникам;

выполнение домашних заданий;

подготовка к коллоквиуму, контрольной работе;

выполнение индивидуальных заданий;

выполнение курсовой работы;

подготовка к промежуточной аттестации в течение семестра.

Самостоятельная работа обучающихся с участием преподавателя в форме иной контактной работы предусматривает групповую и (или) индивидуальную работу с обучающимися и включает в себя:

проведение индивидуальных и групповых консультаций по отдельным темам/разделам дисциплины;

проведение консультаций перед экзаменом, перед зачетом.

Перечень разделов/тем/, полностью или частично отнесенных на самостоятельное изучение с последующим контролем:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ пп** | **Наименование раздела /темы дисциплины*,* выносимые на самостоятельное изучение** | **Задания для самостоятельной работы** | **Виды и формы контрольных мероприятий****(учитываются при проведении текущего контроля)** | **Трудоемкость, час** |
| **Раздел I** | **Способы передачи теплоты. Стационарная и нестационарная теплопроводность** |
| Тема 1.1 | Способы тепло- и массопереноса. Стационарная теплопроводность. | Подготовить конспект первоисточника; подготовка к лекциям лабораторным и практическим занятиям; выполнить индивидуальное домашнее задание; выполнить тестирование; выполнить подготовку отчета по лабораторным работам; выполнить индивидуальные задания; выполнить конспектирование монографий, или их отдельных глав, статей; подготовить письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы; подготовиться к защите лабораторных работ; подготовить конспект по лабораторным работам; подготовиться к устному опросу. | устный опрос, тестирование, семинар-конференция, контрольные работы, индивидуальные домашние задания, письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы, письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ, защита лабораторных работ. | **30** |
| Тема 1.2 | Нестационарная теплопроводность. |  |  |
| **Раздел II** | **Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена** |
| Тема 2.1 | Дифференциальные уравнения теплообмена. Основы теории подобия. | Подготовить реферат/доклад с презентацией; подготовка к лекциям лабораторным и практическим занятиям; конспект первоисточника; выполнить индивидуальное домашнее задание; выполнить тестирование; выполнить подготовку отчета по лабораторным работам; выполнить индивидуальные задания; выполнить конспектирование монографий, или их отдельных глав, статей; подготовить письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы; подготовиться к защите лабораторных работ; подготовить конспект по лабораторным работам; подготовиться к устному опросу. | устный опрос, тестирование, семинар-конференция, контрольные работы, индивидуальные домашние задания, письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы, письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ, защита лабораторных работ, контрольвыполненных работ в текущей аттестации | **30** |
| Тема 2.2 | Теплообмен при свободной и смешанной конвекции. Теплообмен при вынужденной конвекции. |
| **Раздел III** | **Теплообмен излучением** |
| Тема 3.1  | Определение основных величин. Законы излучения. | Подготовить конспект первоисточника; подготовка к лекциям лабораторным и практическим занятиям; выполнить индивидуальное домашнее задание; выполнить тестирование; выполнить подготовку отчета по лабораторным работам; выполнить индивидуальные задания; выполнить конспектирование монографий, или их отдельных глав, статей; подготовить письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы; подготовиться к защите лабораторных работ; подготовить конспект по лабораторным работам; подготовиться к устному опросу. | устный опрос, тестирование, семинар-конференция, контрольные работы, индивидуальные домашние задания, письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы, письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ, защита лабораторных работ. | **27** |
| Тема 3.2  | Теплообмен излучением между телами в прозрачных средах. Теплообмен излучением в поглощающих средах. Сложный теплообмен. |
| **Раздел IV** | **Теплообмен при изменении агрегатного состояния однокомпонентных теплоносителей** |
| Тема 4.1  | Конденсация чистого пара  | Подготовить конспект первоисточника; подготовка к лекциям лабораторным и практическим занятиям; выполнить индивидуальное домашнее задание; выполнить тестирование; выполнить подготовку отчета по лабораторным работам; выполнить индивидуальные задания; выполнить конспектирование монографий, или их отдельных глав, статей; подготовить письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы; подготовиться к защите лабораторных работ; выполнение (КР) и подготовка к ее защите; подготовить конспект по лабораторным работам; подготовиться к устному опросу. | устный опрос, тестирование, семинар-конференция, контрольные работы, письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы, письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ, защита лабораторных работ. | **27** |
| Тема 4.2  | Кипение однокомпонентных жидкостей |
| **Раздел V** | **Расчет теплообменных аппаратов** |
| Тема 5.1  | Рекуперативные теплообменники. | Подготовить реферат/доклад с презентацией; подготовка к лекциям лабораторным и практическим занятиям; конспект первоисточника; выполнить индивидуальное домашнее задание; выполнить тестирование; выполнить подготовку отчета по лабораторным работам; выполнить индивидуальные задания; выполнить конспектирование монографий, или их отдельных глав, статей; подготовить письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы; подготовиться к защите лабораторных работ; выполнение (КР) и подготовка к ее защите; подготовить конспект по лабораторным работам; подготовиться к устному опросу. | устный опрос, тестирование, семинар-конференция, контрольные работы, письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы, письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ, защита лабораторных работ, контрольвыполненных работ в текущей аттестации | **27** |
| Тема 5.2  | Регенеративные теплообменники. |
| **Раздел VI** | **Тепломассообмен в двухфазных средах и при химических превращениях** |
| Тема 6.1  | Тепломассообмен в двухфазных средах. | Подготовить конспект первоисточника; подготовка к лекциям лабораторным и практическим занятиям; выполнить индивидуальное домашнее задание; выполнить тестирование; выполнить подготовку отчета по лабораторным работам; выполнить индивидуальные задания; выполнить конспектирование монографий, или их отдельных глав, статей; подготовить письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы; подготовиться к защите лабораторных работ; выполнение (КР) и подготовка к ее защите; подготовить конспект по лабораторным работам; подготовиться к устному опросу; подготовить к защите курсовую работу. | устный опрос, тестирование, семинар-конференция, контрольные работы, письменный отчет с результатами эксперимента и ответами на контрольные вопросы, письменный отчет с результатами выполненных экспериментально-лабораторных работ, защита лабораторных работ. | **27** |
| Тема 6.2  | Тепломассообмен при химических превращениях. |

# РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО *ДИСЦИПЛИНЕ/МОДУЛЮ*, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ, СИСТЕМА И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ

## Соотнесение планируемых результатов обучения с уровнями сформированности компетенции(й).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Уровни сформированности компетенции(-й)** | **Итоговое количество баллов****в 100-балльной системе****по результатам текущей и промежуточной аттестации** | **Оценка в пятибалльной системе****по результатам текущей и промежуточной аттестации** | **Показатели уровня сформированности**  |
| **универсальной(-ых)** **компетенции(-й)** | **общепрофессиональной(-ых) компетенций** | **профессиональной(-ых)****компетенции(-й)** |
| УК-6:ИД-УК-6.1ИД-УК-6.2 | ОПК-2:ИД-ОПК-2.1ИД-ОПК-2.2ИД-ОПК-2.3ИД-ОПК-2.4ИД-ОПК-2.5ОПК-3:ИД-ОПК-3.1 ИД-ОПК-3.2 ИД-ОПК-3.3 ИД-ОПК-3.4 ИД-ОПК-3.5 ИД-ОПК-3.6 ИД-ОПК-3.7 |  |
| высокий | 85 – 100 | отлично/зачтено (отлично)/зачтено | Обучающийся:* анализирует и систематизирует изученный материал с обоснованием актуальности его использования в своей предметной области;
* применяет методы анализа и синтеза практических проблем, способы прогнозирования и оценки событий и явлений, умеет решать практические задачи вне стандартных ситуаций;
* демонстрирует системный подход при решении проблемных ситуаций в том числе, при социальном и профессиональном взаимодействии;
* показывает четкие системные знания и представления по дисциплине;
* дает развернутые, полные и верные ответы на вопросы, в том числе, дополнительные.
 | * Обучающийся:
* исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал, умеет связывать теорию с практикой, справляется с решением задач профессиональной направленности высокого уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения;
* свободно ориентируется в учебной и профессиональной литературе;
* аргументировано проводит сравнение идеальных термодинамических циклов, знает параметры состояния рабочего тела и термодинамические процессы;
* способен самостоятельно определять тепловые и теплофи зические величины, характеризующие термодинамические процессы, определять зависимость параметров состояния идеального газа;
* свободно владеет методами исследования термодинамических и тепловых процессов;
* способен самостоятельно теоретически и практически применять методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты в теплотехнических процессах, выбирать необходимые теплотехнические процессы для модернизации теплотехнического оборудования, экспериментально определять характеристики теплового состояния элементов тепловых машин и аппаратов; производить измерения основных теплотехнических показателей, связанных с профилем инженерной деятельности; решать разные прикладные задачи, связанные с теплотехническими расчетами при эксплуатации теплотехнических установок; осуществлять тепловые расчеты теплообменных аппаратов;
* свободно владеет методикой проведения конструкторского расчета рекуперативных теплообменников; методикой расчета передаваемого количества теплоты при излучении;
* дает развернутые, исчерпывающие, профессионально грамотные ответы на вопросы, в том числе, дополнительные.
 |  |
| повышенный | 65 – 84 | хорошо/зачтено (хорошо)/зачтено | Обучающийся:* обоснованно излагает, анализирует и систематизирует изученный материал, что предполагает комплексный характер анализа проблемы;
* выделяет междисциплинарные связи, распознает и выделяет элементы в системе знаний, применяет их к анализу практики;
* правильно применяет теоретические положения при решении практических задач профессиональной направленности разного уровня сложности, владеет необходимыми для этого навыками и приёмами;
* ответ отражает полное знание материала, с незначительными пробелами, допускает единичные негрубые ошибки.
 | Обучающийся:* достаточно подробно, грамотно и по существу излагает изученный материал, приводит и раскрывает в тезисной форме основные понятия;
* допускает единичные негрубые ошибки;
* достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе;
* знает идеальные термодинамические циклы, параметры состояния рабочего тела, термодинамические процессы;
* способен определять тепловые и теплофизические величины, характеризующие термодинамические процессы, определять зависимость параметров состояния идеального газа;
* способен теоретически и практически применять методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты в теплотехнических процессах, выбирать необходимые теплотехнические процессы для модернизации теплотехнического оборудования, экспериментально определять характеристики теплового состояния элементов тепловых машин и аппаратов; производить измерения основных теплотехнических показателей, связанных с профилем инженерной деятельности; решать разные прикладные задачи, связанные с теплотехническими расчетами при эксплуатации теплотехнических установок; осуществлять тепловые расчеты теплообменных аппаратов;
* владеет методикой проведения конструкторского расчета рекуперативных теплообменников; методикой расчета передаваемого количества теплоты при излучении;
* владеет методами исследования термодинамических и тепловых процессов;
* ответ отражает знание теоретического и практического материала, не допуская существенных неточностей.
 |  |
| базовый | 41 – 64 | удовлетворительно/зачтено (удовлетворительно)/зачтено | Обучающийся:* испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами;
* с трудом выстраивает социальное профессиональное и межкультурное взаимодействие;
* анализирует культурные события окружающей действительности, но не способен выработать стратегию действий для решения проблемных ситуаций;
* ответ отражает в целом сформированные, но содержащие незначительные пробелы знания, допускаются грубые ошибки.
 | Обучающийся:* демонстрирует теоретические знания основного учебного материала дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшего освоения ОПОП;
* демонстрирует фрагментарные знания основной учебной литературы по дисциплине;
* может изложить знания о идеальных термодинамических циклов, знает параметры состояния рабочего тела и термодинамические процессы;
* частично умеет определять тепловые и теплофизические величины, характеризующие термодинамические процессы, определять зависимость параметров состояния идеального газа;
* частично владеет методами исследования термодинамических и тепловых процессов;
* частично умеет теоретически и практически применять методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты в теплотехнических процессах, выбирать необходимые теплотехнические процессы для модернизации теплотехнического оборудования, экспериментально определять характеристики теплового состояния элементов тепловых машин и аппаратов; производить измерения основных теплотехнических показателей, связанных с профилем инженерной деятельности; решать разные прикладные задачи, связанные с теплотехническими расчетами при эксплуатации теплотехнических установок; осуществлять тепловые расчеты теплообменных аппаратов;
* частично владеет методикой проведения конструкторского расчета рекуперативных теплообменников; методикой расчета передаваемого количества теплоты при излучении;
* ответ отражает знания на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профилю обучения.
 |  |
| низкий | 0 – 40 | неудовлетворительно/не зачтено | Обучающийся:* демонстрирует фрагментарные знания теоретического и практического материал, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации;
* испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами;
* не способен проанализировать задачу;
* не владеет принципами решения задач;
* выполняет задания только по образцу и под руководством преподавателя;
* допускает грубые ошибки при определении идеальных термодинамических циклов, не знает параметры состояния рабочего тела и термодинамические процессы;
* не умеет определять тепловые и теплофизические величины, характеризующие термодинамические процессы, определять зависимость параметров состояния идеального газа;
* не умеет теоретически и практически применять методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты в теплотехнических процессах, выбирать необходимые теплотехнические процессы для модернизации теплотехнического оборудования, экспериментально определять характеристики теплового состояния элементов тепловых машин и аппаратов; производить измерения основных теплотехнических показателей, связанных с профилем инженерной деятельности; решать разные прикладные задачи, связанные с теплотехническими расчетами при эксплуатации теплотехнических установок; осуществлять тепловые расчеты теплообменных аппаратов;
* не владеет методикой проведения конструкторского расчета рекуперативных теплообменников; методикой расчета передаваемого количества теплоты при излучении;
* не владеет методами исследования термодинамических и тепловых процессов;
* ответ отражает отсутствие знаний на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы.
 |

# ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

* + - 1. При проведении контроля самостоятельной работы обучающихся, текущего контроля и промежуточной аттестации по учебной дисциплине«Тепломассообмен» проверяется уровень сформированности у обучающихся компетенций и запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю)*,* указанных в разделе 2 настоящей программы.

## Формы текущего контроля успеваемости, примеры типовых заданий:

| **№ пп** | **Формы текущего контроля** | * + - 1. **Примеры типовых заданий**
 |
| --- | --- | --- |
| 1 | - устный опрос (раздел 1) | Примерные вопросы к опросу1. Дайте определение, что называется теплообменном.
2. Дайте определение, что называется теплопроводностью.
3. Дайте определение, что называется конвективным теплообменном
4. Дайте определение, что называется вязким трением.
5. Что называется, сплошной средой?
6. Что понимают под понятием температурное поле, какие виды полей вы знаете?
 |
| 2 | - устный опрос (раздел 2) | Примерные вопросы к опросу1. Получите формулу, описывающую температурное поле плоской стенки при граничных условиях первого рода.
2. Какой из графиков рис. 3 характерен для температурного поля в керамической, а какой для алюминиевой кружке с кипятком?
3. Какой из графиков рис. 4 относится к случаю b > 0?
4. Опираясь на электротепловую аналогию, запишите уравнение для расчета tc3 в многослойной плоской стенке по известным значениям q и tcn+1 при n=5.
5. Какова размерность линейного термического сопротивления теплоотдачи?
 |
| 3 | - устный опрос (раздел 3) | Примерные вопросы к опросу1. Допустимо ли использование функции Бесселя при расчете температурного поля полного цилиндра?
2. Получите формулу для расчета количества теплоты отдаваемой (получаемой) пластиной (цилиндром) в случае, когда начальная температура зависит от координаты.
3. Отметьте, какие черты решений для пластины и бесконечного цилиндра являются общими, а какие отличными?
4. Получите формулу для расчета количества теплоты, отданной пластиной при малых значениях числа Фурье.
5. Обоснуйте возможность перемножения соответствующих решений для расчета температурных полей параллелепипеда и ограниченного цилиндра
 |
| 4 | - тестирование (раздел 1) | 1. Теплопроводность — это процесс переноса теплоты (обмен внутренней энергией):1.От тела к телу.2.Внутри тела.3.В металлах и диэлектриках.4.Структурными частицами вещества — молекулами, атомами, электронами в сплошной среде при наличии градиента температур.2. В каких телах процесс теплопроводности обусловлен диффузией молекул и атомов?1. В жидкостях2. В металлах3. В газах4. В диэлектриках3. Как передается теплота внутри твердого тела?1. Теплопроводностью.2. Конвекцией.3. Совместно конвекцией и теплопроводностью.4. Совместно теплопроводностью и излучением.4. Укажите размерность коэффициента теплопроводности:1.  2. ,3.  4. .5. Укажите математическое выражение общего вида температурного поля:1. t=ƒ(x, c, ρ, λ, τ) 2. t=ƒ(x, y, a, τ)3. t=ƒ(x, y, z, a) 4. t=ƒ(x, y, z, τ)6. Укажите закон Фурье:1.  2. 3.  4.  |
| 5 | - тестирование (раздел 2) | 1. Что понимают под конвекцией теплоты?1. Процесс переноса теплоты при перемещении объемов текучей среды из области с одной температурой в область с другой.2. Молекулярный перенос теплоты в телах.3. Обмен внутренней энергией между телами.4. Процесс распространения теплоты в жидкости.2. Укажите критерий Нуссельта:1.  2. 3.  4. 3. Укажите коэффициент объемного расширения для идеального газа:1.  2. 3.  4. 4. Что характеризует собой число Рейнольдса Re?1. Гидродинамический режим движения жидкости.2. Тепловое подобие.3. Величину подъемной силы.4. Тепловые характеристики потока.5. Укажите основной закон конвективного теплообмена (закон Ньютона — Рихмана):1.  2. 3.  4. 6. В общем случае от чего зависит коэффициент теплоотдачи α?1. α=ƒ(Q, t, H, grad t, P, ν, S, i, λ).2. α=ƒ(t, H, ρ, ν, S, i, C).3. α=ƒ(grad t, t, H, ν, λ, C).4. α=ƒ(U, C, ρ, λ, *l*, μ). |
| 6 | - тестирование (раздел 3) | 1. Какая форма теплообмена является преобладающей при высоких температурах?1. Теплопроводность.2. Свободная конвекция.3. Тепловое излучение.4. Излучение, конвекция и теплопроводность однозначны.2. Что представляет собой тепловое излучение?1. Излучение, определяемое только температурой и оптическими свойствами излучающего тела.2. Процесс распространения энергии путем электромагнитных волн.3. Процесс распространения свободных электронов.4. Инфракрасное излучение.3. Укажите закон Планка:1.  . 2. .3. . 4. .4. Что называется абсолютно черным телом?1. Тело, полностью поглощающее всю падающую на него лучистую энергию.2. Тело, полностью пропускающее всю падающую на него лучистую энергию.3. Все ответы верны.4. Тело, полностью отражающее всю падающую на него лучистую энергию.5. Каким законом устанавливается связь между Т и λmax?1. Законом Стефана — Больцмана.2. Законом смещения (Вина).3. Законом Кирхгофа.4. Все ответы неверны.6. Что такое поток эффективного излучения тела?1. Энергия собственного излучения.2. Сумма потоков собственного и отраженного излучения.3. Энергия отраженного излучения.4. Все ответы неверны. |
| 7 | - семинар-конференция (раздел 1) | Примерные вопросы по теме «Способы передачи теплоты. Стационарная и нестационарная теплопроводность» |
| 8 | - семинар-конференция (раздел 2) | Примерные вопросы по теме «Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена» |
| 9 | - семинар-конференция (раздел 3) | Примерные вопросы по теме «Теплообмен излучением» |
| 10 | - контрольная работа (темы 1.2) | Вычислить потери теплоты от *материала* (взять из таблицы в соответствии с заданием по варианту) стенки имеющей следующие параметры: длина L, м, высота H, м, толщина δ, мм. Температуры на ее поверхностях соответствуют t1, °С и t2, °С. Коэффициент теплопроводности *материала* λ, Вт/(м∙°С) принять из приложения 1 табл. П.1.6. Данные для расчета принять из табл. 1.1 а, б.Таблица 1.1а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| Материал  | Сосна вдоль волокон | Кирпич силикатный | Кирпич красный |

Таблица 1.1б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| L, м | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| H, м | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 |
| δ, мм | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| t1, °С | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
| t2, °С | -30 | -25 | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 |

 |
| 11 | - контрольная работа (темы 1.2) | По трубопроводу с диаметром *d1/d2 мм* перемещается среда в виде пара. Трубопровод покрыт двумя слоями тепловой изоляции со следующими параметрами: - первый слой состоит из *материала* с толщиной *δ1, мм*; - второй слой состоит из *материала* с толщиной *δ2, мм* (данные взять из таблицы в соответствии с заданием по варианту). Температуры внутренней и внешней поверхности на рассматриваемом аппарате соответственно *t1, °С* и *t4, °С*. Вычислить линейную плотность теплового аппарата и температуры слоев в плоскости их соприкосновения *t2, °С* и *t3, °С*. Данные для расчета принять из табл. 1.5 а, б.Таблица 1.5а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *Материал трубопровода* | 40 | 20 | 08 |
| *Материал слой 1* | Базальтовая вата | Минеральная вата | Стеклянная вата |
| *Материал слой 2* | Минеральная вата | Стеклянная вата | Базальтовая вата |
| *δ1, мм* | 52 | 54 | 58 |

Таблица 1.5б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *δ2, мм* | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
| *d1, мм* | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 |
| *d2, мм* | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 |
| *t1, °С* | 10 | 12 | 13 | 15 | 16 | 19 | 20 | 22 | 24 | 26 |
| *t4, °С* | -31 | -26 | -22 | -17 | -9 | -8 | 2 | 6 | 11 | 16 |

 |
| 12 | - контрольная работа (темы 1.2) | С одной стороны плоскую стенку омывают газы при tж1, °С, а с противоположной она имеет теплоизоляционное покрытие от окружающей среды (воздуха) с температурой tж2, °С. Теплоизоляционное покрытие *материала №2* (толщиной *δ2, мм*) плотно прилегает к стенке, выполненной из *материала №1* (приложения 1 табл. П.1.5) с толщиной *δ1, мм*,Вычислить плотность теплового потока с температурами: поверхности *материала* *№1* стенки; в слое между *материалом* *№1* стенки и *материалом* *№2* теплоизоляционной пластиной; на поверхности *материала №2* теплоизоляционной пластины (приложения 1 табл. П.1.6). Коэффициенты теплопроводности принять в соответствии с заданным по номеру варианта материалом. Принять следующие коэффициенты теплоотдачи: газ-стенка α1, Вт/(м2∙°С) и теплоизоляция-среда α2, Вт/(м2∙°С). Данные для расчета принять из табл. 1.6 а, б.Таблица 1.6а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *Материал №1* | Марка стали 25Л | Марка стали 35ХМ | Марка стали 31Х19Н9МВБТ |
| *Материал №2* | Минеральная вата  | Стеклянная вата | Базальтовая вата  |
| α1, Вт/(м2∙°С) | 24 | 26 | 28 |

Таблица 1.6б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| α2, Вт/(м2∙°С) | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 |
| *δ1, мм* | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| *δ2, мм* | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 |
| *tж1, °С* | 308 | 310 | 312 | 314 | 316 | 318 | 320 | 322 | 324 | 326 |
| *tж2, °С* | 31 | 26 | 22 | 17 | 9 | 8 | 2 | 6 | 11 | 16 |

 |
| 13 | - контрольная работа (темы 1.3) | По трубопроводу изготовленного из *материала №1*, диаметром *d1/d2 мм* перемещается среда в виде пара. Трубопровод покрыт слоем тепловой изоляции из *материала №2* с толщиной *δ, мм*. Температуры внутренней среды (пара) и внешней среды (воздуха) относительно данного трубопровода соответственно равны *tж1, °С* и *tж2, °С*. Для данного участка трубопровода принять следующие коэффициенты теплоотдачи: пар-стенка α1, Вт/(м2∙°С) и теплоизоляция-среда α2, Вт/(м2∙°С). Вычислить линейный коэффициент теплопередачи *Кl*, линейнуюплотность теплового *ql* и температуру *t3, °С* слоя в котором соприкасаются стенка трубопровода и теплоизоляционный материал. Данные для расчета принять из табл. 1.7 а, б.Таблица 1.7а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *Материал №1* | Марка стали 08Х16Н13М2Б | Марка стали12Х18Н9Т | Марка стали12ХIМФ |
| *Материал №2* | Стеклянная вата  | Минеральная вата | Базальтовая вата |
| *δ, мм* | 125 | 130 | 135 |

Таблица 1.7б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| α1, Вт/(м2∙°С) | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 | 2400 | 2600 | 2800 |
| α2, Вт/(м2∙°С) | 20 | 22 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 |
| *d1, мм* | 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 | 300 | 310 |
| *d2, мм* | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 | 300 | 310 | 320 |
| *tж1, °С* | 310 | 312 | 313 | 315 | 316 | 319 | 320 | 322 | 324 | 326 |
| *tж2, °С* | 32 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 |

 |
| 14 | - контрольная работа (темы 1.3) | Стальная болванка цилиндрической формы диаметром d мм и длиной l мм (рис. 1) в начальный момент времени была равномерно нагрета до температуры t0 °C. Болванка охлаждается на воздухе, который имеет температуру tж °С. Определить температуру в центре болванки (при x = 0 и r = 0), и в середине торцевой поверхности (при r = 0; x = l/2) через t мин после начала охлаждения. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности стали равны соответственно: λ Bт/(м∙К), а м2/c. Коэффициент теплоотдачи от поверхности болванки α Вт/(м2 ∙К).http://ok-t.ru/studopediaru/baza4/2367315026171.files/image171.jpgТаблица 2.4а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *Жидкость*  | Масло МС-20 | Вода на линии насыщения | Водяной пар на линии насыщения |
| *d, мм* | 70 | 85 | 90 |
| t, мин | 33 | 38 | 41 |
| α, Вт/(м2 ∙К) | 110 | 115 | 120 |

Таблица 2.4б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| λ, Bт/(м∙К) | 23,3 | 24,1 | 25,2 | 26,5 | 27,4 | 28,5 | 28,6 | 22,1 | 23,2 | 24,3 |
| *l, м* | 163 | 163,5 | 164 | 164,5 | 165 | 165,5 | 166 | 166,5 | 167 | 167,5 |
| а ∙106 м2/c. | 6,70 | 6,72 | 6,74 | 6,76 | 6,78 | 6,80 | 6,82 | 6,84 | 6,86 | 6,88 |
| tж, °С | 25 | 30 | 35 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 25 | 30 |
| t0, °С | 873 | 879 | 784 | 787 | 794 | 796 | 799 | 811 | 824 | 836 |

 |
| 15 | - контрольная работа (темы 1.3) | В экспериментальной установке для определения коэффициента теплопроводности твердых тел методом регулярного режима исследуемый материал помещен в шаровой калориметр радиусом *r*0  мм. После предварительного нагрева калориметр охлаждается в воздушном термостате, температура в котором *t*ж поддерживается постоянной и равной температуре °С.В результате предварительных исследований установлено, что коэффициент теплоотдачи от поверхности калориметра к воздуху α, Вт/(м2∙К) и коэффициент температуропроводности материала *a,* м2/с. Вычислить коэффициент теплопроводности испытуемого материала, если в процессе охлаждения после наступления регулярного режима температура в центре калориметра за ∆t, мин уменьшилась от *t*1 °С до *t*2 °С.Таблица 2.4а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *Жидкость*  | Масло МС-20 | Вода на линии насыщения | Водяной пар на линии насыщения |
| *r*0*, мм* | 33 | 35 | 38 |
| ∆t, мин | 13 | 18 | 21 |
| α, Вт/(м2 ∙К) | 6 | 5 | 8 |

Таблица 2.4б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| λ, Bт/(м∙К) | 23,3 | 24,1 | 25,2 | 26,5 | 27,4 | 28,5 | 28,6 | 22,1 | 23,2 | 24,3 |
| *t*2 , °С | 23 | 19 | 24 | 17 | 14 | 16 | 19 | 21 | 24 | 16 |
| а ∙107 м2/c. | 3,70 | 3,72 | 3,74 | 3,76 | 3,78 | 3,80 | 3,82 | 3,84 | 3,86 | 3,88 |
| tж, °С | 25 | 30 | 35 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 25 | 30 |
| t1, °С | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 33 | 27 |

 |
| 16 | - контрольная работа (темы 1.3) | Плоская пластина длиной *l* м обтекается продольным потоком воздуха, скорость и температура набегающего потока воздуха ω0 м/с и *t*0 °С. Перед пластиной установлена турбулизирующая решетка, вследствие чего движение в пограничном слое на всей длине пластины турбулентное.Вычислить среднее значение коэффициента теплоотдачи с поверхности пластины и значение местного коэффициента теплоотдачи на задней кромке. Вычислить также толщину гидродинамического пограничного слоя на задней кромке пластины.Таблица 2.4а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *Жидкость*  | Масло МС-20 | Вода на линии насыщения | Водяной пар на линии насыщения |
| *l, м* | 1,5 | 2 | 2,5 |

Таблица 2.4б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ω0*, м/с* | 70 | 72 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 | 84 | 86 | 88 |
| *t*0, °С | 13 | 19 | 14 | 17 | 14 | 16 | 19 | 21 | 24 | 26 |

 |
| 17 | - контрольная работа (темы 2.1) | 1. Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности без внутренних источников тепла для цилиндрической стенки и его решение.2. Запишите расчетные формулы и единицы измерения следующих физических величин: линейная плотность теплового потока, линейные термические сопротивления теплоотдачи, теплопередачи и теплопроводности многослойной цилиндрической стенки, линейный коэффициент теплопередачи.3. Запишите выражение и схематически изобразите распределение температуры в однородной и многослойной цилиндрических стенках при заданных температурах поверхностей.4. Запишите выражение для линейной плотности теплового потока в случае многослойной цилиндрической стенки, состоящей из n однородных слоев, при заданных температурах ее поверхностей, а также в процессе теплопередачи.5. Дайте определение и запишите выражение для эквивалентного коэффициента теплопроводности многослойной цилиндрической стенки.6. В каком случае теплопередача в цилиндрической стенке может рассчитываться по формулам для плоской стенки? Каким образом в этом случае можно уменьшить ошибку при вычислении поверхности нагрева?7. Запишите выражение для определения температуры в плоскости соприкосновения произвольных слоев многослойной цилиндрической стенки.8. Дайте определение и запишите расчетную формулу для вычисления критического диаметра изоляции.9. Поясните, в каком случае тепловой поток через цилиндрическую стенку будет возрастать при наложении изоляции.10. В каких случаях увеличение теплового потока при наложении изоляции играет положительную роль? |
| 18 | - контрольная работа (темы 2.3) | Задача 1. Определить, как изменится тепловой поток, передаваемый через плоскую стенку, если ее оребрить. Толщина стенки 5 мм, коэффициент теплопроводности материала стенки = 46,5 Вт/(м·К). Коэффициент теплоотдачи с одной стороны стенки 1 = 290 Вт/(м2 ·К), а температура жидкости 200 °С, с другой стороны 2 = 11,6 Вт/(м2 ·К), а температура жидкости 20 °С. Коэффициент оребрения 10. Считать температуру по длине ребра постоянной. Задача 2. Один конец круглого стального стержня диаметром 20 мм и длиной l = 300 мм поддерживается при температуре t1 = 350 °С. Определить температуру tl на свободном конце стержня, если температура окружающей среды tж = 30 °С, а коэффициент теплоотдачи от поверхности стержня в окружающую среду = 20 Вт/(м2 К). Коэффициент теплопроводности стали = 50 Вт/(м·К). Определить также передаваемый тепловой поток с поверхности стержня. Задача 3. Определить влияние материала, из которого сделано ребро, на величину коэффициента эффективности ребра. Если одно ребро постоянного поперечного сечения 2×6 мм, длиной 20 мм изготовлено из титана ( = 15 Вт/(м·К)), а другое из меди ( = 384 Вт/(м·К)). Условия теплообмена одинаковые, коэффициент теплоотдачи 100 Вт/(м2 К). Задача 4. Нагревательный прибор выполнен в виде вертикальной трубы с продольными стальными ребрами прямоугольного сечения. Высота трубы 1200 мм, наружный диаметр 60 мм, длина ребер 50 мм, их толщина 3 мм, число ребер 20. Температура у основания ребра 80 °С. Температура окружающего воздуха 18 °С. Коэффициент теплоотдачи от ребер и внешней поверхности трубы к воздуху = 9,3 Вт/(м2 К), ст = 55,7 Вт/(м·К). Вычислить тепловой поток, передаваемый ребристой стенкой в окружающую среду. Задача 5. Холодильная камера высотой 1 м, размер боковых стенок 0,8 м (в плане камера квадратная) оребрена вертикальными алюминиевыми ребрами длиной 40 мм, толщиной 3 мм. Каждая стенка имеет по 40 ребер. Температура у основания ребра 40 °С, температура окружающей среды 20 °С, коэффициент теплопроводности алюминия 202 Вт/(м·К), а коэффициент теплоотдачи от ребристой поверхности 8 Вт/(м2 К). Определить тепловой поток, передаваемый всеми четырьмя боковыми стенками камеры в окружающую среду. Вычислить тепловой поток, передаваемый стенками камеры, если ее стенки не будут оребрены. |
| 19 | - контрольная работа (темы 2.4) | Рассчитать для бумагоделательного аппарата панель верхнего колпачка, который имеет продольное обтекание поверхности воздухом, при его габаритах: длина *lo, м*, а ширина *b, м*. Температура набегающего потока и его скорость соответственно равны *to, °С* и *wo, м/c*. Температуру на поверхности колпачка бумагоделательного аппарата принять *tс, °С*.Найти коэффициент теплоотдачи и средний по длине панели колпачка коэффициент теплоотдачи, а также установить отдаваемое количество тепла им к воздуху. Рассчитать толщину гидродинамического пограничного слоя, а также значения для местных коэффициентов теплоотдачи при разных расстояниях от исходной точки измерения кромки колпачка:Изобразить толщину гидродинамического пограничного слоя , а также коэффициента теплоотдачи от исходной точки измерения в виде графической зависимости . Данные для расчета принять из табл. 2.4 а, б.Таблица 2.4а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *Жидкость*  | Масло МС-20 | Вода на линии насыщения | Водяной пар на линии насыщения |
| *d, мм* | 60 | 55 | 50 |

Таблица 2.4б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *l, м* | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 |
| *w, м/с* | 0,70 | 0,72 | 0,74 | 0,76 | 0,78 | 0,80 | 0,82 | 0,84 | 0,86 | 0,88 |
| tж, °С | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| tс, °С | 73 | 79 | 84 | 87 | 94 | 96 | 99 | 111 | 124 | 136 |

 |
| 20 | - контрольная работа (раздел 3) | Горизонтальный трубопровод покрытая изоляцией с шероховатой известковой штукатуркой диаметром *d, мм*, находится в помещении с температурой *tп, °С*. Температура поверхности штукатурки равна *tст*, *°С*. Требуется найти полные потери теплоты на участке трубы длиной *l, м*. Данные для расчета принять из табл. 3.2 а, б.Таблица 3.2а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *Среда*  | Дымовые газы | Сухой воздух | Дымовые газы |
| *d, мм* | 115 | 127 | 140 |

Таблица 3.2б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *l, м* | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 9 | 10 | 11 |
| *tп, °С* | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| *tст*, *°С* | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 65 | 45 | 48 | 50 | 52 |

 |
| 21 | - лабораторная работа (темы 1.2) | **Лабораторная работа «Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала»**1. В чем сущность метода трубы для определения теплопроводности?
2. Напишите уравнение Фурье. Поясните физический смысл входящих в него величин.
3. Дайте определение коэффициента теплопроводности.
4. Приведите вывод расчетного уравнения (1.4).
5. Если зависимость λ(t) нелинейна, будет ли справедлива система уравнений (1.4) - (1.5), либо каждое из указанных уравнений в отдельности?
6. Проанализируйте возможные систематические погрешности опреде­ления λ.
 |
| 22 | - лабораторная работа (темы 1.3) | **Лабораторная работа «Определение коэффициента теплопроводности ткани»**1. Можно ли упростить предложенную в работе методику обработки опытных данных?
2. Каковы особенности теплопроводности анизотропных тел?
3. Сопоставьте направления векторов  и  для изотропных и анизотропных тел, в общем случае.
4. Каков механизм переноса тепла в пористых материалах?
5. Как связаны поверхностное  и линейное ?
 |
| 23 | - лабораторная работа (темы 2.3) | **Лабораторная работа «Изучение свободной конвекции около вертикальной трубы»**1. В чем различие однородного и неоднородного поля плотностей?
2. Какими факторами определяется скорость движения жидкости в пограничном слое?
3. Какое безразмерное число (числа) является определяющим при свободной гравитационной конвекция?
4. Дайте определение свободной конвекции?
5. Получите уравнение (4.2) из уравнения (4.1).
6. Зависит ли значение числа Прандтля для газа от температуры?
 |
| 24 | - лабораторная работа (темы 2.3) | **Лабораторная работа «Определение среднего коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы при свободном движении воздуха»**1. Что называется свободной конвекцией?
2. Какие режимы движения жидкости Вы знаете?
3. Запишите формулу Ньютона – Рихмана.
4. Какими критериями определяется режим течения при свободном движении?
5. Как изменяется коэффициент теплоотдачи по периметру нагретой трубы при свободном движении?
6. Что называется коэффициентом теплоотдачи? Дайте объяснение его физического смысла?
 |
| 25 | - лабораторная работа (темы 2.4) | **Лабораторная работа** «**Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденном движении воздуха внутри трубы»**1. Что называется вынужденной конвекцией?
2. Какие режимы движения жидкости Вы знаете?
3. Запишите формулу Ньютона.
4. Какими критериями определяется режим течения при вынужденном движении?
5. Как изменяется коэффициент теплоотдачи по периметру нагретой трубы при вынужденном движении?
6. Что называется коэффициентом теплоотдачи? Дайте объяснение его физического смысла?
 |
| 26 | - лабораторная работа (темы 2.4) | **Лабораторная работа «Теплоотдача при поперечном обтекании цилиндра воздухом»**1. Что называется вынужденной конвекцией?
2. В чем состоит отличие процессов теплоотдачи при вынужденной и при свободной конвекции среды? Поясните физический механизм возникновения вынужденной конвекции. Какие режимы движения среды при этом наблюдаются?
3. Какие критерии служат определяющими в данном процессе?
4. Каков физический смысл критерия Re?
5. Каков физический смысл критерия Nu?
6. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи?
 |
| 27 | - лабораторная работа (темы 3.4) | **Лабораторная работа «Исследование теплообмена излучением»**1. Что называется свободной конвекцией?
2. Какие режимы движения жидкости Вы знаете?
3. Запишите формулу Ньютона – Рихмана.
4. Какими критериями определяется режим течения при свободном движении?
5. Как изменяется коэффициент теплоотдачи по периметру нагретой трубы при свободном движении?
6. Что называется коэффициентом теплоотдачи? Дайте объяснение его физического смысла?
7. Что понимают под определяющим размером?
 |
| 28 | - лабораторная работа (темы 3.5) | **Лабораторная работа «Изучение сложного теплообмена»**1. Что представляет собой оптическая длина пути луча?
2. Охарактеризуйте изменение интенсивности излучения вдоль пути луча при .
3. Что такое серое тело?
4. Когда справедливы формулы (3.1)?
5. Приведите вывод формул (3.2а) и (3.2б).
6. Выполните предельный переход от уравнения (3.За) к уравнению (3.3б).
 |
| 29 | - реферат (раздел 1, 2, 3) | Перечень тем рефератов по разделам дисциплины или по всей дисциплине:1. Теплоотдача при свободном движении.
2. Основные положения теории подобия. Теоремы подобия.
3. Нестационарная теплопроводность для различных поверхностей.
4. Метод многократных отражений и метод полных потоков излучения.
5. Лучистый теплообмен между двумя объектами.
 |
| 30 | - ИДЗ (раздел 1) | Изоляция плоской стенки |
| 31 | - ИДЗ (раздел 2) | Изоляция цилиндрической стенки |
| 32 | - ИДЗ (раздел 3) | Нестационарная теплопроводность ограниченного цилиндра |
| 33 | - ИДЗ (раздел 3) | Излучение объединенное |
| *34* | *- устный опрос (раздел 4)* | Примерные вопросы к опросу1. Каковы необходимые и достаточные условия кипения и конденсации?
2. Как влияет изменение температурного напора на коэффициент теплоотдачи при кипении и конденсации?
3. Оцените по порядку величины толщину пленки конденсата на вертикальной поверхности.
4. Как определить положение границы между пузырьковым и переходным к пленочному режиму кипения?
5. Каковы предельные случаи при кипении движущейся жидкости?
6. Влияет ли ориентация поверхности теплообмена в пространстве на величину α при пузырьковом кипении и пленочной конденсации?
 |
| 35 | - устный опрос (раздел 5) | Примерные вопросы к опросу1. Каковы задачи и последовательность выполнения конструктивного и поверочного расчетов теплообменников?2. Какими допущениями обусловлен приближенный характер рассмотрен­ного метода расчета теплообменников?3. Сравните значения расходных теплоемкостей на графиках 4*а* и 4*г*, а также 4*б* и 4*д*.4. В чем проявляются общность и различие в теплотехнических расче­тах регенеративных и рекуперативных теплообменников?5. В чем проявляется общность и различие в гидравлических расчетах регенеративных и рекуперативных теплообменников?6. В чем состоит различие стационарного и установившегося режимов? |
| 36 | - устный опрос (раздел 6) | Примерные вопросы к опросу1. Описание процессов коагуляции и дробления капель в двухфазных струях?
2. Описание процессов конденсации и испарения в двухфазных струях?
3. Осредненные уравнения баланса массы, количества движения и энергии фаз?
4. Замыкание системы осредненных уравнений. Граничные условия?
5. Влияние конвективного теплообмена на параметры двухфазной струи?
 |
| 37 | - тестирование (раздел 4) | *Вариант №1*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Вопросы** | **Ответы** |
| **1** | Указать математическое выражение1-мерного нестационарного температурного поля! | А) Б) В) Г)   |
| **2** | Каким способом передается теплотав ламинарном пограничном слое? | А) теплопроводностьюБ) конвекциейВ) излучениемГ) всеми перечисленными (А+Б+В) |
| **3** | Которое из приведенных выраженийявляется уравнением Ньютона-Рихмана? | А) Б) В)  Г)   |
| **4** | Чему равна приведенная степеньчерноты системы, состоящей из 2-хпараллельных поверхностей, если ихстепени черноты:  | А) 0,25Б) 0,8В) 0,2Г) 0,5 |
| **5** | Каково направление градиентатемпературы? | А) По нормали в сторону возрастания температурыБ) По нормали в сторону падения температурыВ) По касательной в сторону возрастания температурыГ) По касательной в сторону падения  температуры |

 |
| 38 | - тестирование (раздел 5) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Вопросы** | **Ответы** |
| **1** | Чему равна приведенная степень черноты двух параллельных поверхностей, если:  = 0,25;  = 0,5? | А) 0,14Б) 0,8В) 0,2Г) 0,5 |
| **2** | Указать математическое выражение3-мерного нестационарного температурного поля! | А) Б) В) Г)   |
| **3** | Каким способом передается теплотапоперек ламинарного пограничного слоя? | А) теплопроводностьюБ) конвекциейВ) излучениемГ) всеми перечисленными (А+Б+В) |
| **4** | Что такое средне-логарифмическая разность температур между теплоносителями? | А) Б) В) Г)  |
| **5** | Указать математическое выражение3-мерного стационарного температурного поля! | А) Б) В) Г)  |

 |
| 39 | - тестирование (раздел 6) |  1. Теплота передается от горячего теплоносителя к холодному через цилиндрическую стенку длиной *L*  = 0,5 м. Определить удельный линейный тепловой поток  в Вт/м, если:  = 500 Вт/(м²К);  = 50 Вт/(м²К); = 0,2/0,21 м;  = 10 Вт/(мК); = 8 К.А) 0,108Б) 9,26В) 116Г) 2332.Указать выражение термического сопротивления теплопередачи через 1-слойную плоскую стенку!А) Б)  В)  Г) 3.Каким способом отдается теплота от отопительного устройства окружающему воздуху?А) теплопроводностьюБ) конвекциейВ) излучениемГ) всеми перечисленными (А+Б+В)4.Выделить уравнение теплового баланса теплообменного аппарата!А) Б) В) Г) 5.Выделить уравнение подобия для теплоотдачи к любой жидкости при вынужденной конвекции!А) Б) В) Г)  |
| 40 | - семинар-конференция (раздел 4) | Примерные вопросы по теме «Теплообмен при изменении агрегатного состояния однокомпонентных теплоносителей» |
| 41 | - семинар-конференция (раздел 5) | Примерные вопросы по теме «Расчет теплообменных аппаратов» |
| 42 | - семинар-конференция (раздел 6) | Примерные вопросы по теме «Тепломассообмен в двухфазных средах и при химических превращениях» |
| 43 |  - контрольная работа (темы 4.1) | Определить значение коэффициента теплоотдачи α2 Вт/(м2 · °С) от конденсирующегося водяного пара к наружной поверхности горизонтальной латунной трубки диаметром *d*2/*d*1, температуры наружной и внутренней поверхностей стенки трубки *t*с2 и *t*c1 и количество пара *G*2, кг/(м · ч), конденсирующегося на на­ружной поверхности трубки. Пар сухой насыщенный под давлением *р* . Внутри труб­ки со скоростью ω протекает охлаждающая вода, имеющая среднюю температуру *t*ж1.Таблица 2.4а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *d*2/*d*1*, мм* | 22/20 | 34/32 | 26/23 |

Таблица 2.4б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *р* кПа | 703 | 703,5 | 704 | 704,5 | 705 | 705,5 | 706 | 706,5 | 707 | 707,5 |
| *w, м/с* | 0,70 | 0,72 | 0,74 | 0,76 | 0,78 | 0,80 | 0,82 | 0,84 | 0,86 | 0,88 |
| tж1, °С | 35 | 30 | 35 | 40 | 45 | 30 | 35 | 40 | 45 | 20 |

 |
| 44 |  - контрольная работа (темы 4.1) | Как изменятся толщина пленки конденсата и значение мест­ного коэффициента теплоотдачи, если при не­изменном давлении (*р*) температурный напор при­мет значения, равные 2, 4, 6, 8 и 10 °С? Расчет произвести для расстояния *х*. Построить графики зависимостей δх = *f*2 (Δ*t*) и αх = *f*2 (Δ*t*).**Примечание.** В рассматриваемых условиях средняя темпе­ратура пленки конденсата *t*г изменяется мало и изменением физиче­ских свойств конденсата с изменением Δ*t* можно пренебречь.Таблица 3.2а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *х, м* | 5 | 2 | 3 |

Таблица 3.2б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| р\* 10-5, Па | 4,18 | 4,19 | 4,20 | 4,21 | 4,22 | 4,23 | 4,24 | 4,25 | 4,26 | 4,27 |

 |
| 45 |  - контрольная работа (темы 4.2) | На поверхности вертикальной трубы высотой *H* проис­ходит пленочная конденсация сухого насыщенного водяного пара Давление пара р, кПа. Температура поверхности трубы *t*с °С. Определить значения местного коэффициента теплоотдачи на расстояниях *х*, равных 0,1 и 2 м от верхнего конца трубы. При расчете считать течение пленки конденсата ламинарным по всей высоте трубы.Таблица 3.2а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *t*с*, С* | 15 | 27 | 30 |

Таблица 3.2б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *Н, м* | 2,8 | 2,9 | 2,10 | 2,11 | 2,12 | 2,13 | 2,14 | 2,9 | 2,10 | 2,11 |
| р, кПа | 4,18 | 4,19 | 4,20 | 4,21 | 4,22 | 4,23 | 4,24 | 4,25 | 4,26 | 4,27 |

 |
| 46 | - контрольная работа (темы 4.2) | Определить коэффициент теплоотдачи от наружной поверх­ности трубки испарителя к кипящей поде, если тепловая нагрузка поверхности нагрева *q*, режим кипения пузырьковый и вода находится под давлением *р*. При условии, что вода находится под давлением р, равным 1; 2,5 и 5 МПа. Определить также разность температур между поверхностью нагрева и кипящей водой Δ*t* = *t*с – *t*а при этих давлениях.Таблица 3.2а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *q* · 10-5 Вт/м2 | 2,2 | 2,8 | 3 |

Таблица 3.2б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| р\*10-5, Па | 4,18 | 4,19 | 4,20 | 4,21 | 4,22 | 4,23 | 4,24 | 4,25 | 4,26 | 4,27 |

 |
| 47 |  - контрольная работа (темы 4.2) | На поверхности трубы с наружным диаметром *d* длиной *l* кипит вода под давлением *р*. Труба внутренней стороны обогревается электронагревателем. Мощность, затрачиваемая на обогрев, *W*. Определить температуру наружной поверхности трубы.Таблица 3.2а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *q* · 10-5 Вт/м2 | 2,2 | 2,8 | 3 |
| *W* , кВт | 6,5 | 7,5 | 8,5 |

Таблица 3.2б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| р\*10-5, Па | 4,18 | 4,19 | 4,20 | 4,21 | 4,22 | 4,23 | 4,24 | 4,25 | 4,26 | 4,27 |
| *l* , м | 0,25 | 0,35 | 0,45 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,55 | 0,35 | 0,45 |
| *d,* мм | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |

 |
| 48 |  - контрольная работа (темы 4.2) | В трубе внутренним диаметром *d* движется кипя­щая вода со скоростью ω. Вода находится под давлением *р,* МПа.Определить тепловую нагрузку *q*, Вт/м2, и коэффициент тепло­отдачи от стенки к кипящей воде, если температура внутренней поверхности трубы *t*с = 236,9 °С.Таблица 3.2а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *t*с, °С | 236,5 | 237,5 | 238,5 |

Таблица 3.2б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| р\*10-6, Па | 3,18 | 3,19 | 3,20 | 3,21 | 3,22 | 3,23 | 3,24 | 3,25 | 3,26 | 3,27 |
| ω, м/с | 1,25 | 1,35 | 1,45 | 1,55 | 165 | 1,75 | 1,85 | 1,55 | 1,35 | 1,45 |
| *d,* мм | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |

 |
| 49 |  - контрольная работа (темы 5.1) | Задача 1. В маслоохладителе трансформаторное масло охлаждается от 1 t = 80 °С до 1 t = 30 °С. Охлаждающая вода входит с температурой 2 t = 15 °С. Расходы масла и воды соответственно G1 = 0,28 кг/с, G2 = 0,56 кг/с. Определить температуру воды на выходе из маслоохладителя. Рассчитать среднеинтегральный температурный напор для прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей. Задача 2. В воздухоподогревателе воздух нагревается от 20 °С до 180 °С. При этом дымовые газы охлаждаются от 400 °С. Определить среднеинтегральный температурный напор для прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей. Задача 3. Определить поверхность теплообмена, если через нее передается 1000 кВт теплоты. Коэффициент теплопередачи 2000 Вт/(м2 ·К), температура первого теплоносителя на входе 300 °С, а на выходе 100 °С. Температура второго теплоносителя на входе 10 °С, а на выходе 80 °С. Расчет сделать для прямоточной, противоточной и перекрестной схем движения теплоносителей. Сравнить полученный результат и сделать вывод. Задача 4. Определить площадь поверхности теплообменника, в котором 6,93 кг/с спирта (CР = 3810 Дж/(кг·К)) охлаждается водой от температуры 65,4 °С до 39,4 °С. Температура воды на входе 10 °С. Расход воды 6,3 кг/с. Коэффициент теплопередачи 568 Вт/(м2 ·К). Рассмотреть для трех схем движения теплоносителя: прямоточной, противоточной и перекрестного тока. |
| 50 | - контрольная работа (темы 5.2) | Задача 1. В теплообменнике 10 кг/с сухого насыщенного пара, имеющего давление 2,7 бар, конденсируется на горизонтально расположенной трубке наружным/внутренним диаметрами 16 мм / 20 мм. Внутри трубки течет вода со скоростью 0,5 м/с. Температура воды на входе 20 °С, а на выходе 100 °С, λтрубки = 85 Вт/(м2 ·К). Определить поверхность теплообмена. Задача 2. В теплообменнике типа «труба в трубе» горячая вода движется по внутренней стальной трубе (λ = 40 Вт/(м·К)) наружным/внутренним диаметрами d2/d1 = 35/32 мм. Температура горячей воды на входе в теплообменный аппарат 95 °С. Скорость движения 0,5 м/с. Нагреваемая вода движется противотоком по кольцевому каналу со скоростью 1 м/с и нагревается от 15 °С до 55 °С. Средняя температура стенки трубы 50 °С. Внутренний диаметр внешней трубы 50 мм. Определить поверхность теплообмена.Задача 3. В подогревателе вода, движущаяся по стальным трубам, нагревается воздухом. Внутренний диаметр трубы d1 = 21 мм, наружный d2 = 25 мм; стали = 22 Вт/(м·К). На входе в подогреватель вода имеет температуру t2 / =120 °С, а на выходе t2 // = 260 °С. Скорость воды 2 = 0,2 м/с. Топочные газы поперечно обтекают пучок труб со скоростью 1 = 30 м/с (в узком сечении), расход воздуха G1 = 130 кг/с. Температура воздуха на входе в подогреватель t1 / = 600 °С. Компоновка труб в пучке шахматная, число параллельно включенных труб N = 100. Поперечный и продольный шаг пучка равны: S1 = S2 = 2·d2. Рассчитать поверхность теплообмена. |
| 51 |  - контрольная работа (темы 6.1) | Задача 1. Выразить связь потоков с градиентами концентраций компонентов бинарной смеси в безграничной среде. Задача 2. Найти плотность потока массы при диффузии в неподвижно закреплённом сосуде.Задача 3. Оцените частоту диффузионных скачков молекулы воды в жидкой воде.Задача 4. Попытайтесь предсказать зависимость коэффициента диффузии иона в водной среде от размера и заряда иона. Учтите сольватное и ионное окружение.Задача 5. Сравните по порядку величины коэффициенты диффузии и коэффициенты температуропроводности. Объясните, почему для некоторых веществ эти величины близки между собой, а для других веществ они существенно различны. |
| 52 |  - контрольная работа (темы 6.1) | Два больших резервуара разделены трубой, длина которой, а внутренний диаметр *d* мм. В одном резервуаре находится углекислый газ (СО2), в другом – водород (Н2). Температура в обоих резервуарах 0 °С, а давление 1 бар. Рассчитать начальный диффузионный поток массы [моль/с] углекислого газа в резервуар с водородом.Таблица 2.4а

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Первая цифра номер по списку группы |
| 0 | 1 | 2 |
| *d, мм* | 22 | 26 | 28 |

Таблица 2.4б

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные | Вторая цифра номера по списку группы |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *l, м* | 0,73 | 0,735 | 0,74 | 0,745 | 0,75 | 0,755 | 0,76 | 0,769 | 0,77 | 0,778 |

 |
| 53 |  - контрольная работа (темы 6.1) | Вариант 1 В ректификационной колонне непрерывного действия разгоняется 5 000 кг/ч смеси метиловый спирт — вода. Массовая концентрация метилового спирта в питании — 20 %, в дистилляте — 90 %. Коэффициент избытка флегмы — 1,8. Расход воды на дефлегматор — 40 м3 /ч, вода в нем нагревается от 20 до 40 °C. Определить количество метилового спирта в кубовом остатке (кг/ч). Вариант 2 Определить расход воды в м3 /ч и поверхность теплообмена дефлегматора ректификационной колонны при разделении бензольно-толуольной смеси при следующих условиях: количество отбираемого дистиллята — 600 кг/ч, флегмовое число — 3,75; вода нагревается в дефлегматоре от 20 до 45 °C. Коэффициент теплопередачи — 697,8 Вт/(м2 · К). Верхний продукт считать как чистый бензол. Давление в колонне атмосферное. Вариант 3 В ректификационной колонне, работающей под атмосферным давлением, разделяется смесь хлороформ — бензол. Тангенс угла наклона рабочей линии верхней части колонны — 0,715. Поверхность нагрева в кубе — 20 м2 , коэффициент теплопередачи — 1 046,7 Вт/(м2 · К). Избыточное давление греющего пара — 0,2 ат. Температуру кипения кубового остатка принять как для чистого бензола. Определить количество дистиллята (кмоль/ч) и расход греющего пара (кг/ч). Вариант 4 В ректификационную колонну непрерывного действия подается 1 000 кмоль/ч смеси, содержащей 30 % (мол.) пентана и 70 % (мол.) гексана. Состав дистиллята: 95 % (мол.) пентана и 5 % (мол.) гексана, а кубовый остаток содержит 90% (мол.) гексана. Определить количество верхнего и нижнего продукта (в кг/ч), а также количество пара, конденсирующегося в дефлегматоре, если известно, что тангенс угла наклона рабочей линии укрепляющей части колонны равен 0,75.Вариант 5 В колонну подается смесь этилового спирта и воды с содержанием 40 % (масс.) легколетучего компонента. Количество пара, которое поступает в дефлегматор, составляет 1 000 кг/ч. Производительность колонны по дистилляту с содержанием спирта 95 % (масс.) составляет 350 кг/ч. Из куба отводится кубовая жидкость с содержанием 2,5 % (масс.) легколетучего компонента. Определить производительность колонны по кубовой жидкости, жидкости питания, флегмовое число и расход охлаждающей воды в дефлегматоре, если она нагревается на 12 К. Вариант 6 В ректификационной колонне непрерывного действия, работающей под атмосферным давлением, получается 200 кг/ч 55 % уксусной кислоты из исходной смеси, содержащей 31 %-й уксусной кислоты. Сверху колонны отгоняется вода, содержащая 2 %-й уксусной кислоты (все проценты мольные). Определить необходимое число тарелок в колонне при флегмовом числе 4 и КПД тарелок 0,8. Определить также расход греющего пара (кг/ч) под давлением 4 ат с влажностью 5 %. Вариант 7 Для обогрева куба ректификационной колонны, в которую подается на разделение 6 т/ч бензольно-толуольной смеси, имеется в распоряжении пар с избыточным давлением 1 ат. Концентрация исходной смеси — 32 % (масс.) бензола. Требуемая концентрация дистиллята — 97 % (масс.) бензола; кубового остатка — 95 % (масс.) толуола. Определить: 1) массовые расходы дистиллята и кубового остатка; 2) количество тарелок при числе флегмы 3,1 и при среднем КПД тарелок 0,71; 3) расход греющего пара (кг/ч) и расход воды в дефлегматоре (м3 /ч) при нагреве воды в нем на 15 К. Влажность греющего пара — 5 %. Смесь характеризуется законом Рауля. Тепловые потери принять в размере 3 % от полезно затрачиваемого тепла. Питание подается при температуре кипения.Вариант 8 В ректификационную колонну непрерывного действия подается смесь вода — этиловый спирт, содержащая 10 % (масс.) спирта. Определить расход тепла в кубе колонны и количество отводимого тепла в дефлегматоре на 1 кг дистиллята, содержащего 94 % (масс.) спирта, если кубовый остаток практически не содержит спирта. Исходная смесь вводится в колонну при температуре 70 °C. Укрепляющая часть колонны работает с числом флегмы 4. Тепловыми потерями пренебречь. Температуру кипения дистиллята принять как для чистого легколетучего компонента. Вариант 9 В ректификационной колонне, работающей под атмосферным давлением, разделяется смесь хлороформ — бензол. Тангенс угла наклона рабочей линии верхней части колонны — 0,715. Поверхность нагрева в кубе — 20 м2 , коэффициент теплопередачи — 1044 Вт/(м2 · К), избыточное давление греющего пара — 0,2 ат. Температуру кипения кубового остатка принять как для чистого бензола. Определить количество дистиллята в кмоль/ч и расход греющего пара в кг/ч. Верхний продукт принять за чистый хлороформ. Вариант 10 В ректификационной колонне непрерывного действия разгоняется под атмосферным давлением 340 кмоль/ч смеси вода — уксусная кислота. Ордината точки пересечения рабочих линий — 0,48. Уравнение рабочей линии верхней части колонны y = 0,84x + 0,15. Количество пара, поступающего в дефлегматор, — 550 кмоль/ч. Определить количество кубового остатка (в кг/ч) и массовую концентрацию уксусной кислоты в нем.Вариант 11 В вакуумный аппарат поступает 10 т/ч 8 %-го водного раствора азотнокислого аммония при температуре 74 °C. Концентрация упаренного раствора — 42,5 %. давление в среднем слое кипящего раствора — 0,4 ат. Избыточное давление греющего пара — 1 ат. Коэффициент теплопередачи — 950 Вт/(м2 · К). Потери тепла составляют 3 % от полезно затраченного тепла. Определить поверхность нагрева выпарного аппарата. Вариант 12 В двухкорпусной установке упаривается 1 000 кг/ч водного раствора с начальной концентрацией 10% (масс.). Конечная концентрация раствора в первом корпусе — 15, во втором — 30%. Температура кипения в первом корпусе — 108, во втором — 95 °C. Определить, сколько воды (кг/ч) испарится во втором корпусе за счет самоиспарения и какой это составит процент от общего количества воды, испаряющейся во втором корпусе. Вариант 13 В двухкорпусную выпарную установку, работающую по прямоточной схеме, поступает 1000 кг/ч разбавленного водного раствора. Начальная концентрация — 8, конечная 30 % (масс.). В первом корпусе выпаривание идет под давлением 1 ат при 110 °C, во втором — под давлением 0,3 ат при 80 °C. Расход вторичного пара из первого корпуса — 400 кг/ч. Часть этого пара отбирается на сторону (экстрапар). Пренебрегая тепловыми потерями, определить количество отбираемого экстрапара. Вариант 14 Производительность выпарного аппарата с поверхностью теплообмена 50 м2 в момент ввода в эксплуатацию составила 0,4 кг/с исходного раствора. После трех месяцев работы производительность снизилась до 0,32 кг/с. Определить толщину образовавшегося за это время слоя отложений, если теплопроводность этого слоя 1,4 Вт/(м · К), а также производительность через год работы, если скорость нарастания слоя отложений будет постоянной. В выпарном аппарате под атмосферным давлением упаривается раствор хлористого кальция от концентрации 10 до 30 % (масс.). Начальная температура исходного раствора — 22 °C. Греющий пар имеет давле ние 2 ат. Средняя температура кипения раствора в выпарном аппарате — 112 °C. Удельная теплоемкость раствора — 690 Дж/(кг · К). Вариант 15 Во второй корпус двухкорпусной выпарной установки, работающей по прямоточной схеме, поступает из первого корпуса 500 кг/ч 16 %-го водного раствора. Температура кипения в первом корпусе — 108 °C (давление атмосферное), во втором — 90 °C. Концентрированный раствор, выходящий из второго корпуса с концентрацией 28 % (масс.), используется в противоточном теплообменнике для подогрева разбавленного раствора, поступающего на выпарку. Пренебрегая тепловыми потерями, определить: а) концентрацию разбавленного раствора, подаваемого на выпарку; б) на сколько градусов будет нагрет разбавленный раствор в теплообменнике, если концентрированный раствор выходит из теплообменника с температурой 32 °C. удельная теплоемкость концентрированного раствора — 3,35 · 103 Дж/(кг · К). Вариант 16 В выпарном аппарате выпаривается водный раствор от 13 до 38 % (масс.) под вакуумом (в конденсаторе) 600 мм рт. ст. Расход охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе — 40 м3 /ч. Вода нагревается от 14 до 30 °C. Определить часовую производительность выпарного аппарата по разбавленному и по концентрированному раствору в кг/ч. Температурной депрессией пренебречь. Атмосферное давление — 747 мм рт. ст. Вариант 17 Определить поверхность нагрева выпарного аппарата непрерывного действия с внутренней циркуляционной трубой и расход греющего пара (кг/ч) под давлением 4 ат при следующих данных: исходное количество водного раствора 2 т/ч, начальная концентрация — 10 % (масс.), конечная — 40 %, средняя температура кипения раствора — 113,6 °C. Раствор поступает в аппарат нагретым до температуры кипения. Давление пара над раствором атмосферное. Коэффициент теплопередачи — 698 Вт/(м2 · К). При расчете учесть потери тепла на лучеиспускание, если температура стен аппарата — 77; стен помещения — 17 °C, поверхность аппарата — 10, стен — 200 м2 , а коэффициенты излучения соответственно равны 5,49 и 5,2  Вт м К 2 4 ­‑ 100 ‑ . Вариант 18 Какое предельное число корпусов может быть в многокорпусной выпарной установке, если избыточное давление греющего пара в первом корпусе 2,3 ат, остаточное давление в конденсаторе — 147 мм рт. ст. Сумму температурных потерь во всех корпусах принять равной 41 °C. Допустимая полезная разность температур в каждом корпусе должна быть не меньше 8 °C. Вариант 19 Нужно сконцентрировать водный раствор клея от 4 до 50 % (масс.) в двухкорпусном выпарном аппарате. Производительность установки — 18 144 кг/ч исходного раствора, который поступает в аппарат нагретым до температуры кипения. Греющий пар поступает под абсолютным давлением 1,7 ат, а остаточное давление в последнем корпусе — 102 мм рт. ст. Пренебрегая температурной депрессией и принимая, что удельная теплоемкость всех растворов постоянна и равна 5 028 Дж/(кг · К), рассчитать поверхность нагрева и расход пара в кг/ч в каждом корпусе при прямоточной схеме; поверхности корпусов равны между собой; коэффициенты теплопередачи равны 2 270 и 1 986 Вт/(м2 · К). Вариант 20 Рассчитать удельный расход сухого насыщенного пара при выпаривании воды под атмосферным давлением (pабс = 1 ат) и под вакуумом 0,8 ат. Давление греющего пара при выпаривании воды в обоих случаях pабс = 2 ат. Вода поступает на выпарку: а) при температуре 15 °C; б) подогретой до температуры кипения. Вариант 21 Определить оптимальное флегмовое число для ректификационной колонны, в которой происходит разделение смеси метиловый спирт — вода. Концентрация метилового спирта в исходной смеси составляет 40 %; дистиллят содержит 98,5 %, а кубовый остаток — 1,5 % метилового спирта.Вариант 22 Как изменится производительность выпарного аппарата, если на стенках греющих труб отложится слой накипи толщиной 0,5 мм? Коэффициент теплопередачи для чистых труб равен 1390 Вт/(м2 · К). Коэффициент теплопроводности накипи λ = 1,16 Вт/(м · К). Вариант 23 Определить необходимую площадь поверхности охлаждения противоточного кристаллизатора, в котором охлаждается от 85 до 35 °C 10 000 кг/ч раствора, содержащего 7,0 моль сернокислого аммония на 1 000 г воды. При охлаждении испаряется вода (5 % от массы начального раствора). Коэффициент теплопередачи — 127 Вт/(м2 · К). Охлаждающая вода нагревается от 13 до 24 °C. Определить также ее расход. |
| 54 |  - лабораторная работа (темы 4.1) | **Лабораторная работа «Теплоотдача при конденсации водяного пара»**1. Что называется процессом конденсации пара? 2. Какие существуют виды конденсации в зависимости от смачиваемости поверхности? 3. Запишите обобщенное уравнение для определения коэффициента теплоотдачи при пленочной конденсации. 4. Как определяются коэффициенты теплоотдачи при конденсации пара для пучка вертикальных и горизонтальных труб? 5. Каким образом определяют опытный и расчетный коэффициенты теплопередачи в представленной работе? |
| 55 |  - лабораторная работа (темы 4.2) | **Лабораторная работа «Исследование теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости»**1. Дайте определение понятий конвекция, конвективный теплообмен, конвективная теплоотдача. 2. Чем отличается конвективная теплоотдача при кипении от конвективной теплоотдачи в однофазной среде? 3. Какой вид теплообмена исследуется в данной работе? 4. Дайте определение процесса кипения. 5. Что такое теплоотдача при кипении в большом объеме? 6. Что такое центры парообразования? Назовите стадии парообразования. |
| 56 | - лабораторная работа (темы 5.1) | **Лабораторная работа «Испытание рекуперативного теплообменника»**1. Назовите преимущества и недостатки испытанных теплообменных аппаратов. 2. Что называется коэффициентом теплопередачи? Каков физический смысл единицы его измерения?3. Какие факторы и параметры теплообменных аппаратов влияют на величину коэффициента теплопередачи?4. В чем заключаются преимущества противоточной схемы по сравнению с прямоточной?5. Может ли температура горячего теплоносителя на выходе из теплообменника быть меньше температуры холодного теплоносителя на выходе из теплообменника?6. В каких случаях при расчете теплообменника можно пользоваться средним арифметическим температурным напором? |
| 57 | - реферат (раздел 4, 5, 6) | *Перечень тем рефератов по разделам дисциплины или по всей дисциплине:*1. Теплоотдача при свободном движении жидкости около тел (пластина, труба), находящихся в неограниченном объёме жидкости. Свободная конвекция в ограниченном объёме (щели, зазоры).2. Теплообмен при конденсации пара. Плёночная и капельная конденсация. Теория Нуссельта. Поправочные коэффициенты к теории Нуссельта по Лабунцову (на волновое течение и переменность физических свойств конденсата). Турбулентное течение плёнки конденсата – расчёт коэффициента теплоотдачи (формула Лабунцова).3. Теория Нуссельта-Лабунцова для плёночной конденсации на горизонтальной трубе.4. Влияние скорости пара, состояния поверхности, влажности и перегрева пара, примесей воздуха в паре.5. Теплообмен при конденсации пара в трубах.6. Теплообмен при кипении жидкостей. Кривая кипения. Пузырьковое и плёночное кипение. Критический радиус пузырька. Скорость роста пузырька. Отрывной диаметр пузырька. Частота отрыва пузырьков. Расчёт коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении в большом объёме. Критические тепловые нагрузки при кипении. Теплоотдача при плёночном кипении.7. Кипение в трубах. Режим течения парожидкостной смеси. Гидродинамика и теплообмен при кипении в трубах. Кризисы теплоотдачи первого и второго рода. Расчёт коэффициентов запаса до кризиса. |

## Критерии, шкалы оценивания текущего контроля успеваемости:

| **Наименование оценочного средства (контрольно-оценочного мероприятия)** | **Критерии оценивания** | **Шкалы оценивания** |
| --- | --- | --- |
| **100-балльная система** | **Пятибалльная система** |
| Устный опрос | ответ ученика полный, самостоятельный, правильный, изложен литературным языком в определенной логической последовательности, рассказ сопровождается новыми примерами; учащийся обнаруживает верное понимание физической сущности рассматриваемых явлений и закономерностей, законов и теории, дает точное определение и истолкование основных понятий, законов, теорий, правильное определение физических величин, их единиц и способов измерения; учащийся умеет применить знания в новой ситуации при выполнении практических заданий, знает основные понятия и умеет оперировать ими при решении задач, правильно выполняет чертежи, схемы и графики, сопутствующие ответу; может установить связь между изучаемым и ранее изученным материалом по курсу физики, а также с материалом, усвоенным при изучении других предметов; | 12 – 15 баллов | 5 |
| ответ удовлетворяет основным требованиям к ответу на оценку "5", но содержит неточности в изложении фактов, определений, понятии, объяснении взаимосвязей, выводах и решении задач, неточности легко исправляются при ответе на дополнительные вопросы; учащийся не использует собственный план ответа, затрудняется в приведении новых примеров, и применении знаний в новой ситуации, слабо использует связи с ранее изученным материалом и с материалом, усвоенным при изучении других предметов. | 9 – 11 баллов | 4 |
| большая часть ответа удовлетворяет требованиям к ответу на оценку "4", но в ответе обнаруживаются отдельные пробелы, не препятствующие дальнейшему усвоению программного материала; учащийся обнаруживает понимание учебного материала при недостаточной полноте усвоения понятий или непоследовательности изложения материала, умеет применять полученные знания при решении простых задач с использованием готовых формул, но затрудняется при решении качественных задач и задач, требующих преобразования формул. | 5 – 8 баллов | 3 |
| ответ неправильный, показывает незнание основных понятий, непонимание изученных закономерностей и взаимосвязей, неумение работать с учебником, решать количественные и качественные задачи; учащийся не овладел основными знаниями и умениями в соответствии с требованиями программы. | 0 - 4 баллов | 2 |
| Реферат | Содержание работы полностью соответствует теме. Фактические ошибки отсутствуют. Содержание излагается последовательно. Работа отличается богатством словаря, разнообразием используемых синтаксических конструкций, точностью словоупотребления. Достигнуто стилевое единство и выразительность текста. В целом в работе допускается 1 недочет в содержании и 1—2 речевых недочета | 12 – 15 баллов | 5 |
| Содержание работы в основном соответствует теме (имеются незначительные отклонения от темы). Содержание в основном достоверно, но имеются единичные фактические неточности. Имеются незначительные нарушения последовательности в изложении мыслей. Лексический и грамматический строй речи достаточно разнообразен. Стиль работы отличается единством и достаточной выразительностью. В целом в работе допускается не более 2 недочетов в содержании и не более 3—4 речевых недочетов. | 9 – 11 баллов | 4 |
| В работе допущены существенные отклонения от темы. Работа достоверна в главном, но в ней имеются отдельные фактические неточности. Допущены отдельные нарушения последовательности изложения. Беден словарь, и однообразны употребляемые синтаксические конструкции, встречается неправильное словоупотребление. Стиль работы не отличается единством, речь недостаточно выразительна. В целом в работе допускается не более 4 недочетов в содержании и 5 речевых недочетов. | 5 – 8 баллов | 3 |
| Работа не соответствует теме. Допущено много фактических неточностей. Нарушена последовательность изложения мыслей во всех частях работы, отсутствует связь между ними, работа не соответствует плану. Крайне беден словарь, работа написана короткими однотипными предложениями со слабо выраженной связью между ними, часты случаи неправильного словоупотребления. Нарушено стилевое единство текста. В целом в работе допущено 6 недель. | 0 - 4 баллов | 2 |
| Семинар-конференция | Оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания и глубокое понимание текста изучаемого произведения; умение объяснять взаимосвязь событий, характер и поступки героев и роль художественных средств в раскрытии идейно-эстетического содержания произведения; умение пользоваться теоретико-литературными знаниями и навыками разбора при анализе художественного произведения, привлекать текст для аргументации своих выводов, свободное владение монологической литературной речью. | 12 – 15 баллов | 5 |
| Оценивается ответ, который показывает прочное знание и достаточно глубокое понимание текста изучаемого произведения; умение объяснять взаимосвязь событий, характеры и поступки героев и роль основных художественных средств в раскрытии идейноэстетического содержания произведения; умение пользоваться основными теоретиколитературными знаниями и навыками при анализе прочитанных произведений; умение привлекать текст произведения для обоснования своих выводов; хорошее владение монологической литературной речью. | 9 – 11 баллов | 4 |
| Оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании и понимании текста изучаемого произведения; умении объяснить взаимосвязь основных событий, характеры и поступки героев и роль важнейших художественных средств в раскрытии идейнохудожественного содержания произведения; о знании основных вопросов теории, но недостаточном умении пользоваться этими знаниями при анализе произведений; об ограниченных навыках разбора и недостаточном умении привлекать текст произведения для подтверждения своих выводов. Допускается несколько ошибок в содержании ответа, недостаточно свободное владение монологической речью, ряд недостатков в композиции и языке ответа, несоответствие уровня чтения нормам, установленным для данного класса. | 5 – 8 баллов | 3 |
| Оценивается ответ, обнаруживающий незнание существенных вопросов содержания произведения; неумение объяснить поведение и характеры основных героев и роль важнейших художественных средств в раскрытии идейно-эстетического содержания произведения; незнание элементарных теоретико-литературных понятий; слабое владение монологической литературной речью и техникой чтения, бедность выразительных средств языка. | 0 - 4 баллов | 2 |
| Индивидуальная домашняя работа | Работа выполнена полностью. Нет ошибок в логических рассуждениях. Возможно наличие одной неточности или описки, не являющиеся следствием незнания или непонимания учебного материала. Обучающийся показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике. | 9-12 баллов | 5 |
| Работа выполнена полностью, но обоснований шагов решения недостаточно. Допущена одна ошибка или два-три недочета. | 7-8 баллов | 4 |
| Допущены более одной ошибки или более двух-трех недочетов. | 4-6 баллов | 3 |
| Работа выполнена не полностью. Допущены грубые ошибки.  | 1-3 баллов | 2 |
| Работа не выполнена. | 0 баллов |
| Контрольная работа | сделан перевод единиц всех физических величин в «СИ», все необходимые данные занесены в условие, правильно выполнены чертежи, схемы, графики, рисунки, сопутствующие решению задач, сделана проверка по наименованиям, правильно проведены математические расчеты и дан полный ответ; на качественные и теоретические вопросы дан полный, исчерпывающий ответ литературным языком в определенной логической последовательности, учащийся приводит новые примеры, устанавливает связь между изучаемым и ранее изученным материалом по курсу физики, а также с материалом, усвоенным при изучении других предметов, умеет применить знания в новой ситуации; учащийся обнаруживает верное понимание физической сущности рассматриваемых явлений и закономерностей, законов и теорий, дает точное определение и истолкование основных понятий, законов, теорий, а также правильное определение физических величин, их единиц и способов измерения. | 20 - 25 баллов | 5 |
| работа выполнена полностью или не менее чем на 80 % от объема задания, но в ней имеются недочеты и несущественные ошибки; ответ на качественные и теоретические вопросы удовлетворяет вышеперечисленным требованиям, но содержит неточности в изложении фактов, определений, понятий, объяснении взаимосвязей, выводах и решении задач; учащийся испытывает трудности в применении знаний в новой ситуации, не в достаточной мере использует связи с ранее изученным материалом и с материалом, усвоенным при изучении других предметов. | 16 - 20 баллов | 4 |
| работа выполнена в основном верно (объем выполненной части составляет не менее 2/3 от общего объема), но допущены существенные неточности; учащийся обнаруживает понимание учебного материала при недостаточной полноте усвоения понятий и закономерностей; умеет применять полученные знания при решении простых задач с использованием готовых формул, но затрудняется при решении качественных задач и сложных количественных задач, требующих преобразования формул. | 10 - 15 баллов | 3 |
| работа в основном не выполнена (объем выполненной части менее 2/3 от общего объема задания); учащийся показывает незнание основных понятий, непонимание изученных закономерностей и взаимосвязей, не умеет решать количественные и качественные задачи. | 2 - 5 баллов | 2 |
| Лабораторная работа | лабораторная работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерении; учащийся самостоятельно и рационально смонтировал необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдал требования безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполнил анализ погрешностей; правильно определил цель опыта; выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью; научно грамотно, логично описал наблюдения и сформулировал выводы из опыта. В представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, графики, вычисления и сделал выводы; проявляет организационно-трудовые умения (поддерживает чистоту рабочего места и порядок на столе, экономно использует расходные материалы). эксперимент осуществляет по плану с учетом техники безопасности и правил работы с материалами и оборудованием. | 12 – 15 баллов | 5 |
| выполнение лабораторной работы удовлетворяет основным требованиям к ответу на оценку "5", но учащийся допустил недочеты или негрубые ошибки, не повлиявшие на результаты выполнения работы; опыт проводил в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений; или было допущено два-три недочета; или не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или эксперимент проведен не полностью; или в описании наблюдений из опыта допустил неточности, выводы сделал неполные. | 9 – 11 баллов | 4 |
| результат выполненной части лабораторной работы таков, что позволяет получить правильный вывод, но в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки; правильно определил цель опыта; работу выполняет правильно не менее чем наполовину, однако объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы; или подбор оборудования, объектов, материалов, а также работы по началу опыта провел с помощью учителя; или в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки в описании наблюдений, формулировании выводов; опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью; или в отчёте были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, и т.д.) не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения; допускает грубую ошибку в ходе эксперимента (в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил техники безопасности при работе с материалами и оборудованием), которая исправляется по требованию учителя. | 5 – 8 баллов | 3 |
| результаты выполнения лабораторной работы не позволяют сделать правильный вывод, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно; не определил самостоятельно цель опыта; выполнил работу не полностью, не подготовил нужное оборудование и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; или опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно; или в ходе работы и в отчете обнаружились в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке "3"; допускает две (и более) грубые ошибки в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил техники безопасности при работе с веществами и оборудованием, которые не может исправить даже по требованию учителя.Примечания. Во всех случаях оценка снижается, если ученик не соблюдал требований техники безопасности при проведении эксперимента. В тех случаях, когда учащийся показал оригинальный подход к выполнению работы, но в отчете содержатся недостатки, оценка за выполнение работы, по усмотрению учителя, может быть повышена по сравнению с указанными нормами. | 0 - 4 баллов | 2 |
| Тест | Знания, понимания, глубины усвоения обучающимся всего объёма программного материала. Умения выделять главные положения в изученном материале, на основании фактов и примеров обобщать, делать выводы, устанавливать межпредметные и внутрипредметные связи, творчески применяет полученные знания в незнакомой ситуации. Отсутствие ошибок и недочётов при воспроизведении изученного материала, при устных ответах устранение отдельных неточностей с помощью дополнительных вопросов учителя, соблюдение культуры устной речи. | 16 – 20 баллов | 5 | 85% - 100% |
| Знание всего изученного программного материала. Умений выделять главные положения в изученном материале, на основании фактов и примеров обобщать, делать выводы, устанавливать внутрипредметные связи, применять полученные знания на практике. Незначительные (негрубые) ошибки и недочёты при воспроизведении изученного материала, соблюдение основных правил культуры устной речи. | 13 – 15 баллов | 4 | 65% - 84% |
| Знание и усвоение материала на уровне минимальных требований программы, затруднение при самостоятельном воспроизведении, необходимость незначительной помощи преподавателя. Умение работать на уровне воспроизведения, затруднения при ответах на видоизменённые вопросы. Наличие грубой ошибки, нескольких негрубых при воспроизведении изученного материала, незначительное несоблюдение основных правил культуры устной речи. | 6 – 12 баллов | 3 | 41% - 64% |
| Знание и усвоение материала на уровне ниже минимальных требований программы, отдельные представления об изученном материале. Отсутствие умений работать на уровне воспроизведения, затруднения при ответах на стандартные вопросы. Наличие нескольких грубых ошибок, большого числа негрубых при воспроизведении изученного материала, значительное несоблюдение основных правил культуры устной речи. | 0 – 5 баллов | 2 | 40% и менее 40% |
| Решение задач (заданий)  | Обучающийся демонстрирует грамотное решение всех задач, использование правильных методов решения при незначительных вычислительных погрешностях (арифметических ошибках);  | 13 – 15 баллов | 5 |
| Продемонстрировано использование правильных методов при решении задач при наличии существенных ошибок в 1-2 из них;  | 8 – 12 баллов | 4 |
| Обучающийся использует верные методы решения, но правильные ответы в большинстве случаев (в том числе из-за арифметических ошибок) отсутствуют; | 4 – 7 баллов | 3 |
| Обучающимся использованы неверные методы решения, отсутствуют верные ответы. | 0 – 3 баллов | 2 |

## Промежуточная аттестация:

|  |  |
| --- | --- |
| **Форма промежуточной аттестации** | **Типовые контрольные задания и иные материалы****для проведения промежуточной аттестации:** |
| Экзамен в письменной форме по билетам | **Билет №1**1. Температура, тепло, тепловой поток, плотность, теплового потока, линейная плотность теплового потока, термическое сопротивление и его виды.
2. Как изменяется коэффициент теплоотдачи при конденсации на трубном пучке в направлении от верхних рядов труб к нижним (ответ обосновать физически)?
3. Стена дома толщиной 0,25 м выполнена из деревянного бруса и имеет размеры 6х3 м. Температура внутреннего воздуха и коэффициент теплоотдачи составляют 22оС и 8 Вт/м2 гр; наружная температура -15оС, а коэффициент теплоотдачи 20 Вт/м2 гр. Найти температуры на внутренней и наружной поверхностях стены и поток тепла через нее.
4. Возьмем пару АЧТ, зададимся, так что они являются источниками излучения тепловой энергии. Температура первого соответствует *T1=*2305 *К*. Определим температуру второго, при условии, что длина волны, характеризующая максимум его способности испускания на *Δλ=*0,550 *мкм* превышает длину волны максимума первого источника.

**Билет №2**1. Дифференциальные уравнения теплопроводности (вывод). Смысл коэффициентов теплопроводности и температуропроводности.
2. Какой физический смысл имеет поправка на гиб в змеевиках? Какие численные значения принимает эта поправка?
3. В теплообменнике горячий и холодный теплоносители разделены плоской латунной стенкой толщиной δ=2 мм, перепад температур в которой tс1 – tс2 = 2оС. Найти плотность теплового потока через стенку. Как изменится эта величина, если латунную стенку заменить на стальную той же толщины?
4. Определить теплопотери с ед. длины теплового коллектора, согласно тому, что его поверхность покрыта стальным экраном имеющим коэффициент поглощения *Aэк=*0,65 при диаметре *dэк=*355 *мм*. Теплопередача между внешним ограждением и поверхностью экрана осуществляется не только по средствам излучения, но и свободной конвекцией. Теплопередачу между стенками экрана и коллектора по средствам теплопроводности и конвекции можно пренебречь. Теплоотдача конвекцией по поверхности экрана составляет *α=*27 *Вт/(м2·°С)*.

**Билет №3**1. Условия однозначности для уравнения теплопроводности. Краевые условия.
2. По какому закону изменяется местный коэффициент конвективной теплоотдачи по длине трубы в условиях данной задачи? Кроме конвекции, имеется ли здесь иной механизм теплообмена?
3. Температура воздуха в аудитории 20оС, а снаружи -10оС. Стена выполнена из красного кирпича толщиной 0,65 м. Найти тепловой поток через стену площадью 30м2, если коэффициенты теплоотдачи α1=7, а α2=18 Вт/м2 гр. Определить температуру на внутренней поверхности стены.
4. Определить плотность потока тепла, определенного испускающей способностью от дымовых газов на поверхность газохода цилиндрической формы с диаметром d=555 мм. Газы включают 5% Н2О и 10% СО2. Суммарное давление газов, составляет  Па. Температура газов при подаче в газоход *tг1=806 °С,* а при выходе *tг2=633 °С*; по поверхности средняя температура газохода *=407 °С* и степень черноты *=0.88*. Выполнить решение задачи при условии, что у водяных паров парциальное давление увеличится в двое, а остальные данные останутся прежними.
 |
| Экзамен в письменной форме по билетам | **Билет №1**Вопрос. 1. Виды тепломассообмена. Теплоотдача, теплопередача. Основные понятия.Вопрос. 2. Шахматный пучок труб с наружным диаметром 20мм длиной 2м содержит 18 рядов горизонтально расположенных труб (по 10 труб в каждом ряду). Пучок находится в среде водяного пара давлением 2 бар при температуре 135°С, температура стенок труб 102°С. Найти расход образующегося конденсата. Как изменяется коэффициент теплоотдачи к трубе в направлении от верхних рядов труб к нижним (ответ обосновать физически)?Вопрос. 3. В воздухоподогревателе шахматный пучок труб обтекается поперечным потоком воздуха. Внешний диаметр труб в пучке d = 32 мм. Поперечный шаг s1 = 2,5d; продольный шаг s2 = 1,5d . Средняя скорость в узком сечении пучка и средняя температура воздуха составляют соответственно w = 9 м/с и tж = 160 оС. Найти коэффициент теплоотдачи от поверхности труб к воздуху для третьего ряда пучка труб при условии, что температура поверхности труб tc = 500 оC, а угол атаки равен φ = 90о и φ = 60о.Вопрос. 4. Рассчитать теплообменник типа «труба в трубе» при следующих данных горячий теплоноситель вода с расходом 3 т/ч и с температурами на входе и выходе 160/80 С соответственно, а холодный теплоноситель вода с температурами 20/90 С.**Билет №2**Вопрос. 1. Основные уравнения для расчета рекуперативных теплообменников.Вопрос. 2. Пластина длиной 3м и шириной 1м, имеющая температуру 50°С, обтекается продольным потоком дымовых газов с температурой 220°С при скорости 10м/с. Найти величину потока теплоты. Дать физический анализ закономерностям изменения коэффициента теплоотдачи по длине пластины.Вопрос. 3. Определить потери теплоты в единицу времени с 1 м2 поверхности цилиндрической горизонтальной трубы диаметром d = 600 мм, охлаждаемой воздухом. Температура поверхности трубы tc = 220 оC и температура воздуха tж = 20 оС.Вопрос. 4. Рассчитать теплообменник типа «труба в трубе» при следующих данных горячий теплоноситель вода с температурами на входе и выходе 100/60 С соответственно, а холодный теплоноситель масло МС-20 с температурами 20/70 С и расходом теплоносителя 4 т/ч.**Билет №3**Вопрос. 1. Средний температурный напор, эффективность теплообменников.Вопрос. 2. Поверхность воды в сосуде длиной 1м и шириной 0,8 м с температурой 15°С омывается в продольном направлении потоком воздуха с температурой 40°С и молярной долей пара, равной 0,08 при скорости 4м/с. Найти величину потока тепла за счет массообмена. Как влияет направление потока массы на величину коэффициента теплоотдачи при совместном ТМО (ответ обосновать физически)?Вопрос. 3. На наружной поверхности горизонтальной трубы диаметром d=28 мм и длиной l=3,63 м конденсируется сухой насыщенный водяной пар при давлении 2\*105 Па. Температура поверхности трубы tc=84,5 оС. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к трубе и количество пара G, кг/ч, которое конденсируется на поверхности трубы.Вопрос. 4. Рассчитать теплообменник типа «труба в трубе» при следующих данных горячий теплоноситель вода с расходом 5 т/ч и с температурами на входе и выходе 120/60 С соответственно, а холодный теплоноситель масло МК с температурами 20/110 С. |

## Критерии, шкалы оценивания промежуточной аттестации учебной дисциплины:

| **Форма промежуточной аттестации** | **Критерии оценивания** | **Шкалы оценивания** |
| --- | --- | --- |
| **Наименование оценочного средства** | **100-балльная система** | **Пятибалльная система** |
| Экзаменв письменной форме по билетам1-й вопрос: 0 – 2 баллов2-й вопрос: 0 – 6 баллов3-й вопрос: 0 – 12 баллов4-й вопрос: 0 – 20 баллов | Обучающийся:* демонстрирует знания, отличающиеся глубиной и содержательностью, дает полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные;
* свободно владеет научными понятиями, ведет диалог и вступает в научную дискуссию;
* способен к интеграции знаний по определенной теме, структурированию ответа, к анализу положений существующих теорий, научных школ, направлений по вопросу билета;
* логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете;
* свободно выполняет практические задания повышенной сложности, предусмотренные программой, демонстрирует системную работу с основной и дополнительной литературой.

Ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой, уверенностью суждений, иллюстрируется примерами, в том числе из собственной практики. | 36 - 40 баллов | 5 |
| Обучающийся:* показывает достаточное знание учебного материала, но допускает несущественные фактические ошибки, которые способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу;
* недостаточно раскрыта проблема по одному из вопросов билета;
* недостаточно логично построено изложение вопроса;
* успешно выполняет предусмотренные в программе практические задания средней сложности, активно работает с основной литературой,
* демонстрирует, в целом, системный подход к решению практических задач, к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

В ответе раскрыто, в основном, содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы. | 30 – 35 баллов | 4 |
| Обучающийся:* показывает знания фрагментарного характера, которые отличаются поверхностностью и малой содержательностью, допускает фактические грубые ошибки;
* не может обосновать закономерности и принципы, объяснить факты, нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала, представления о межпредметных связях слабые;
* справляется с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой, допускает погрешности и ошибки при теоретических ответах и в ходе практической работы.

Содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные и дополнительные вопросы билета, ответ носит репродуктивный характер. Неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи или не справляется с ними самостоятельно. | 11– 29 баллов | 3 |
| Обучающийся, обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий. На большую часть дополнительных вопросов по содержанию экзамена затрудняется дать ответ или не дает верных ответов. | 0 – 10 баллов | 2 |

## Примерные темы курсовой работы:

* + - * 1. Расчет теплообменника типа «Труба в трубе»;
				2. Расчет кожухотрубного теплообменника;
				3. Расчет оросительного теплообменника;
				4. Расчет калорифера.

## Критерии, шкалы оценивания курсовой работы

| **Форма промежуточной аттестации** | **Критерии оценивания** | **Шкалы оценивания** |
| --- | --- | --- |
| **100-балльная система** | **Пятибалльная система** |
| защита курсовой работы | * работа выполнена самостоятельно, носит творческий характер, возможно содержание элементов научной новизны;
* собран, обобщен и проанализирован достаточный объем литературных источников;
* при написании и защите работы продемонстрированы: высокий уровень сформированности универсальных, общепрофкессиональных и профессиональных компетенций, теоретические знания и наличие практических навыков;
* работа правильно оформлена и своевременно представлена на кафедру, полностью соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых работ;
* на защите освещены все вопросы исследования, ответы на вопросы профессиональные, грамотные, исчерпывающие, результаты исследования подкреплены статистическими критериями.
 | 24 -30 баллов | 5 |
| * тема работы раскрыта, однако выводы и рекомендации не всегда оригинальны и / или не имеют практической значимости, есть неточности при освещении отдельных вопросов темы;
* собран, обобщен и проанализирован необходимый объем профессиональной литературы, но не по всем аспектам исследуемой темы сделаны выводы и обоснованы практические рекомендации;
* при написании и защите работы продемонстрирован: средний уровень сформированности универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, наличие теоретических знаний и достаточных практических навыков;
* работа своевременно представлена на кафедру, есть отдельные недостатки в ее оформлении;
* в процессе защиты работы были даны неполные ответы на вопросы.
 | 12 – 23 баллов | 4 |
| * тема работы раскрыта частично, но в основном правильно, допущено поверхностное изложение отдельных вопросов темы;
* в работе недостаточно полно была использована профессиональная литература, выводы и практические рекомендации не отражали в достаточной степени содержание работы;
* при написании и защите работы продемонстрирован удовлетворительный уровень сформированности универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, поверхностный уровень теоретических знаний и практических навыков;
* работа своевременно представлена на кафедру, однако не в полном объеме по содержанию и / или оформлению соответствует предъявляемым требованиям;
* в процессе защиты недостаточно полно изложены основные положения работы, ответы на вопросы даны неполные.
 | 6 – 11 баллов | 3 |
| * содержание работы не раскрывает тему, вопросы изложены бессистемно и поверхностно, нет анализа практического материала, основные положения и рекомендации не имеют обоснования;
* работа не оригинальна, основана на компиляции публикаций по теме;
* при написании и защите работы продемонстрирован неудовлетворительный уровень сформированности универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций;
* работа несвоевременно представлена на кафедру, не в полном объеме по содержанию и оформлению соответствует предъявляемым требованиям;
* на защите показаны поверхностные знания по исследуемой теме, отсутствие представлений об актуальных проблемах по теме работы, даны неверные ответы на вопросы.
 | 0 – 5 баллов | 2 |

## Система оценивания результатов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Форма контроля** | **100-балльная система**  | **Пятибалльная система** |
| **Текущий контроль (Зимняя сессия (курс 2)):**  |  |  |
| - устный опрос (раздел 1) | 0 - 2 баллов | 2-5 |
| - устный опрос (раздел 2) | 0 - 2 баллов | 2-5 |
| - тестирование (раздел 1) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - тестирование (раздел 2) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - семинар-конференция (раздел 1) | 0 - 2 баллов | 2-5 |
| - семинар-конференция (раздел 2) | 0 - 2 баллов | 2-5 |
| - контрольная работа (темы 1.2) | 0 - 3 баллов | 2-5 |
| - контрольная работа (темы 1.2) | 0 - 3 баллов | 2-5 |
| - контрольная работа (темы 1.2) | 0 - 3 баллов | 2-5 |
| - контрольная работа (темы 1.3) | 0 - 3 баллов | 2-5 |
| - контрольная работа (темы 1.3) | 0 - 3 баллов | 2-5 |
| - контрольная работа (темы 1.3) | 0 - 3 баллов | 2-5 |
| - контрольная работа (темы 1.3) | 0 - 3 баллов | 2-5 |
| - контрольная работа (темы 2.3) | 0 - 3 баллов | 2-5 |
| - контрольная работа (темы 2.4) | 0 - 3 баллов | 2-5 |
| - лабораторная работа (темы 1.2) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - лабораторная работа (темы 1.3) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - лабораторная работа (темы 2.3) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - лабораторная работа (темы 2.3) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - лабораторная работа (темы 2.4) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - лабораторная работа (темы 2.4) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - реферат (раздел 1, 2) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - ИДЗ (раздел 1) | 0 - 10 баллов | 2-5 |
| - ИДЗ (раздел 2) | 0 - 10 баллов | 2-5 |
| Промежуточная аттестация (контрольная работа (темы 2.1)) | 0 - 9 баллов | 2-5 |
| **Итого зимняя сессия (курс 2) (Тепломассообмен)** | 0 - 100 баллов |  |
|  |  |  |
| **Текущий контроль (Летняя сессия (курс 2)):** |  |  |
| **Итого летняя сессия (курс 2) (Тепломассообмен)****экзамен** | 0 - 100 баллов | отличнохорошоудовлетворительнонеудовлетворительно |
|  |  |  |
| **Текущий контроль (Установочная сессия (курс 3)):** |  |  |
| - устный опрос (раздел 3) | 0 - 2 баллов | 2-5 |
| - тестирование (раздел 3) | 0 – 4 баллов | 2-5 |
| - семинар-конференция (раздел 3) | 0 - 2 баллов | 2-5 |
| - контрольная работа (раздел 3) | 0 - 6 баллов | 2-5 |
| - лабораторная работа (темы 3.3) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - лабораторная работа (темы 3.4) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - лабораторная работа (темы 3.5) | 0 - 4 баллов | 2-5 |
| - реферат (раздел 3) | 0 - 3 баллов | 2-5 |
| - ИДЗ (раздел 3) | 0 - 10 баллов | 2-5 |
| - ИДЗ (раздел 3) | 0 - 10 баллов | 2-5 |
| - устный опрос (раздел 4) | 0 - 2 баллов | 2 – 5  |
| - тестирование (раздел 4) | 0 - 4 баллов | 2 – 5 |
| - семинар-конференция (раздел 4) | 0 - 2 баллов | 2 – 5  |
|  - контрольная работа (темы 4.1) | 0 - 4 баллов | 2 – 5 |
|  - контрольная работа (темы 4.1) | 0 - 4 баллов | 2 – 5  |
|  - контрольная работа (темы 4.2) | 0 - 4 баллов | 2 – 5 |
| - контрольная работа (темы 4.2) | 0 - 4 баллов | 2 – 5  |
|  - контрольная работа (темы 4.2) | 0 - 4 баллов | 2 – 5 |
|  - контрольная работа (темы 4.2) | 0 - 4 баллов | 2 – 5  |
|  - лабораторная работа (темы 4.1) | 0 - 5 баллов | 2 – 5  |
|  - лабораторная работа (темы 4.2) | 0 - 5 баллов | 2 – 5 |
| - реферат (раздел 4) | 0 - 4 баллов | 2 – 5 |
| Промежуточная аттестация (Тестирование категории С) | 0 - 5 баллов | 2-5 |
| **Итого установочная сессия (курс 3) (Тепломассообмен)** | 0 - 100 баллов |  |
|  |  |  |
| **Текущий контроль (Зимняя сессия (курс 3)):**  |  |  |
| - устный опрос (раздел 5) | 0 - 5 баллов | 2 – 5 |
| - устный опрос (раздел 6) | 0 - 5 баллов | 2 – 5  |
| - тестирование (раздел 5) | 0 - 8 баллов | 2 – 5  |
| - тестирование (раздел 6) | 0 - 8 баллов | 2 – 5 |
| - семинар-конференция (раздел 5) | 0 - 5 баллов | 2 – 5 |
| - семинар-конференция (раздел 6) | 0 - 5 баллов | 2 – 5  |
|  - контрольная работа (темы 5.1) | 0 - 8 баллов | 2 – 5 |
| - контрольная работа (темы 5.2) | 0 - 8 баллов | 2 – 5  |
|  - контрольная работа (темы 6.1) | 0 - 8 баллов | 2 – 5 |
|  - контрольная работа (темы 6.1) | 0 - 8 баллов | 2 – 5  |
|  - контрольная работа (темы 6.1) | 0 - 8 баллов | 2 – 5 |
| - лабораторная работа (темы 5.1) | 0 - 10 баллов | 2 – 5  |
| - реферат (раздел 5, 6) | 0 - 8 баллов | 2 – 5 |
| Промежуточная аттестация (Тестирование категории А, В, С) | 0 - 6 баллов | 2 – 5  |
| **Итого зимняя сессия (курс 3) (Тепломассообмен)** | 0 - 100 баллов |  |
|  |  |  |
| **Текущий контроль (Летняя сессия (курс 3)):** |  |  |
| **Итого летняя сессия (курс 3) (Тепломассообмен)****экзамен** | 0 - 100 баллов | отличнохорошоудовлетворительнонеудовлетворительно |

* + - 1. Полученный совокупный результат конвертируется в пятибалльную систему оценок в соответствии с таблицей:

|  |  |
| --- | --- |
| **100-балльная система** | **пятибалльная система** |
| **зачет с оценкой/экзамен** | **зачет** |
| 85 – 100 баллов | отличнозачтено (отлично) | зачтено |
| 65 – 84 баллов | хорошозачтено (хорошо) |
| 41 – 64 баллов | удовлетворительнозачтено (удовлетворительно) |
| 0 – 40 баллов | неудовлетворительно | не зачтено |

# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

* + - 1. Реализация программы предусматривает использование в процессе обучения следующих образовательных технологий:
		- проектная деятельность;
		- проведение интерактивных лекций;
		- групповых дискуссий;
		- поиск и обработка информации с использованием сети Интернет;
		- дистанционные образовательные технологии;
		- применение электронного обучения;
		- просмотр учебных фильмов с их последующим анализом;
		- использование на лекционных занятиях видеоматериалов и наглядных пособий;
		- самостоятельная работа в системе компьютерного тестирования.
			1.
			2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА
			3. Практическая подготовка в рамках учебной дисциплины реализуется при проведении практических занятий, практикумов, лабораторных работ и иных аналогичных видов учебной деятельности, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

# ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

* + - 1. При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидовиспользуются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуального обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения, проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим вопросам и практическим занятиям, оказание помощи при подготовке к промежуточной аттестации.
			2. При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса лицам с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения.
			3. Учебные и контрольно-измерительные материалы представляются в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями с учетом нозологических групп инвалидов:
			4. Для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.
			5. Для студентов с инвалидностью или с ограниченными возможностями здоровья форма проведения текущей и промежуточной аттестации устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).
			6. Промежуточная аттестация по дисциплине может проводиться в несколько этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины. При необходимости студенту предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене.
			7. Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся создаются, при необходимости, фонды оценочных средств, адаптированные для лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе.

# МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

* + - 1. Характеристика материально-технического обеспечения дисциплины (модуля) составляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО.
			2. Материально-техническое обеспечение дисциплины при обучении с использованием традиционных технологий обучения.

| **Наименование учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортзалов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.** | **Оснащенность учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортивных залов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.** |
| --- | --- |
| **115419, г. Москва, ул. Донская, д. 39, стр. 4** |
| аудитории для проведения занятий лекционного типа | комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: * ноутбук;
* проектор,
* экран
 |
| аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, по практической подготовке, групповых и индивидуальных консультаций | комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: * ноутбук;
* проектор,
* экран
 |
| **Помещения для самостоятельной работы обучающихся** | **Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся** |
| Аудитория для самостоятельной работы студента, а. 6315 | * компьютерная техника;подключение к сети «Интернет»
 |
| **119071, г. Москва, ул. М. Калужская, д. 1, стр. 3** |
| Читальный зал библиотеки | * компьютерная техника;подключение к сети «Интернет»
 |

* + - 1. Материально-техническое обеспечение *учебной* *дисциплины/учебного модуля* при обучении с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Необходимое оборудование** | **Параметры** | **Технические требования** |
| Персональный компьютер/ ноутбук/планшет,камера,микрофон, динамики, доступ в сеть Интернет | Веб-браузер | Версия программного обеспечения не ниже: Chrome 72, Opera 59, Firefox 66, Edge 79, Яндекс.Браузер 19.3 |
| Операционная система | Версия программного обеспечения не ниже: Windows 7, macOS 10.12 «Sierra», Linux |
| Веб-камера | 640х480, 15 кадров/с |
| Микрофон | любой |
| Динамики (колонки или наушники) | любые |
| Сеть (интернет) | Постоянная скорость не менее 192 кБит/с |

Технологическое обеспечение реализации программы/модуля осуществляется с использованием элементов электронной информационно-образовательной среды университета.

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Автор(ы)** | **Наименование издания** | **Вид издания (учебник, УП, МП и др.)** | **Издательство** | **Год****издания** | **Адрес сайта ЭБС****или электронного ресурса *(заполняется для изданий в электронном виде)*** | **Количество экземпляров в библиотеке Университета** |
| 10.1 Основная литература, в том числе электронные издания |
| 1 | Соколовский Р.И.,Шарпар Н.М. | Техническая термодинамика. Конспект лекций | Учебное пособие | М.: МГУДТ | 2016 | *http://znanium.com/bookread2.php?book=792235* | на кафедре -10 шт. |
| 2 | Маркова К.А.,Первак Г.И. | Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий. Конспект лекций | Учебное пособие | М.: МГУДТ | 2016 | *http://znanium.com/bookread2.php?book=792232* | на кафедре -10 шт. |
| 3 | Тюрин М.П., Бородина Е.С. | Рекуперативные теплообменники и их расчет | Учебное пособие | М.: МГУДТ | 2016 | http://znanium.com/bookread2.php?book=961397 |  |
| 4 | Кошелева М.К.  | Расчет и повышение эффективности процессов термовлажностной обработки текстильных материалов | Учебное пособие | М.: МГУДТ | 2015 | http://znanium.com/bookread2.php?book=782942 |  |
| 5 | Жмакин Л.И., Корнюхин И.П. | Тепломассообменные процессы и оборудование в легкой и текстильной промышлености | Учебное пособие | М.: МГУДТ | 2014 |  | на кафедре - 8 шт. |
| 6 | Жмакин Л.И. | Конспект лекций по курсу «Кинетическая теория теплоты» | Учебное пособие | М.: МГУДТ | 2014 |  | на кафедре - 8 шт. |
| 7 | Тюрин, М. П. , Апарушкина М.А. | Расчет рекуперативных теплообменных аппаратов | Учебное пособие | М.: ФГБОУ ВПО "МГТУ им. А. Н. Косыгина" | 2012 | http://znanium.com/bookread2.php?book=465554 |  |
| 10.2 Дополнительная литература, в том числе электронные издания  |
| 1 | Красновский Б.М. | Выполнение бетонных работ: зимнее бетонирование. В 2 ч. Часть 1. | Учебное пособие для СПО | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/vypolnenie-betonnyh-rabot-zimnee-betonirovanie-v-2-ch-chast-1-429806#page/4 |  |
| 2 | Красновский Б.М. | Выполнение бетонных работ: зимнее бетонирование. В 2 ч. Часть 2. | Учебное пособие для СПО | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/vypolnenie-betonnyh-rabot-zimnee-betonirovanie-v-2-ch-chast-2-429799#page/4 |  |
| 3 | Рудобашта С. П., Карташов Э. М.  | Химическая технология: Диффузионные процессы. Часть 2. | Учебное пособие | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/himicheskaya-tehnologiya-diffuzionnye-processy-v-2-ch-chast-1-423383#page/1 |  |
| 4 | Рудобашта С. П., Карташов Э. М.  | Химическая технология: Диффузионные процессы. Часть 2. | Учебное пособие | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/himicheskaya-tehnologiya-diffuzionnye-processy-v-2-ch-chast-2-423382#page/1 |  |
| 5 | Гнездилова А. И. | Процессы и аппараты пищевых производств 2-е изд., пер. и доп.  | Учебное пособие для СПО | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/processy-i-apparaty-pischevyh-proizvodstv-422925#page/1 |  |
| 6 | Гнездилова А. И. | Процессы и аппараты пищевых производств 2-е изд., пер. и доп.  | Учебное пособие для академического бакалавриата | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/processy-i-apparaty-pischevyh-proizvodstv-411348#page/1 |  |
| 7 | Карташов Э.М., Кудинов В.А., Калашников В.В. | Теория тепломассопереноса: решение задач для многослойных конструкций | Учебное пособие | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/teoriya-teplomassoperenosa-reshenie-zadach-dlya-mnogosloynyh-konstrukciy-419565#page/1 |  |
| 8 | Шабаров А.Б. - отв. ред., Кислицын А.А. - отв. ред. | Теория тепломассопереноса в нефтегазовых и строительных технологиях | Учебное пособие | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/teoriya-teplomassoperenosa-v-neftegazovyh-i-stroitelnyh-tehnologiyah-415530#page/1 |  |
| 9 | Семенов П.Д., Ерофеев В.Л. - под ред., Пряхин А.С. - под ред. | Теплотехника в 2т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена | Учебник для СПО | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/teplotehnika-v-2-t-tom-1-termodinamika-i-teoriya-teploobmena-420481#page/1 |  |
| 10 | Семенов П.Д., Ерофеев В.Л. - под ред., Пряхин А.С. - под ред. | Теплотехника в 2т. Том 2. Термодинамика и теория теплообмена | Учебник для СПО | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/teplotehnika-v-2-t-tom-2-energeticheskoe-ispolzovanie-teploty-420480#page/1 |  |
| 11 | Ерофеев В.Л. - под ред., Пряхин А.С. - под ред. | Теплотехника. Практикум | Учебное пособие | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/teplotehnika-praktikum-420479#page/1 |  |
| 12 | Быстрицкий Г.Ф. | Теплотехника и энергосиловое оборудование промышленных предприятий | Учебник для академического бакалавриата | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/teplotehnika-i-energosilovoe-oborudovanie-promyshlennyh-predpriyatiy-414423#page/1 |  |
| 13 | Кудинов В. А., Карташов Э. М., Стефанюк Е. В. | Техническая термодинамика и теплопередача | Учебник для академического бакалавриата | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/tehnicheskaya-termodinamika-i-teploperedacha-412204#page/1 |  |
| 14 | Бухарова Г.Д. | Молекулярная физика и термодинамика. Методика преподавания | Учебное пособие для академического бакалавриата | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/molekulyarnaya-fizika-i-termodinamika-metodika-prepodavaniya-427790#page/1 |  |
| 15 | Бухарова Г.Д. | Физика. Молекулярная физика и термодинамика. Методика преподавания | Учебное пособие для СПО | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/fizika-molekulyarnaya-fizika-i-termodinamika-metodika-prepodavaniya-414636#page/1 |  |
| 16 | Косинов А.Д., Костюрина А.Г., Брагин О.А. | Методы физического эксперимента | Учебное пособие | М: ООО «Издательство Юрайт» | 2021 | https://biblio-online.ru/viewer/metody-fizicheskogo-eksperimenta-422685#page/1 |  |
| 10.3 Методические материалы (указания, рекомендации по освоению дисциплины (модуля) авторов РГУ им. А. Н. Косыгина) |
| 1 | Жмакин Л.И., Шарпар Н.М. | Тепломассообменные процессы и оборудование для обработки текстильного материала в воздушной и паровых средах | УМП | М.: МГУДТ | 2016 | *http://znanium.com/bookread2.php?book=792218* | на кафедре – 5 шт. |
| 2 | Маркова К.А. | Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Сборник заданий на курсовой проект | МУ | М.: МГУДТ | 2016 | *http://znanium.com/bookread2.php?book=792227* | на кафедре – 5 шт. |
| 3 | Жмакин Л.И., Шарпар Н.М. | Расчет рекуперативных теплообменников | МУ | М.: МГУДТ | 2016 | *http://znanium.com/bookread2.php?book=792181* | на кафедре – 5 шт. |
| 4 | Шарпар Н.М. | Сорбция влаги текстильными материалами | УМП | М.: МГУДТ | 2016 | *http://znanium.com/bookread2.php?book=792236* | на кафедре – 5 шт. |
| 5 | Жмакин Л.И., Шарпар Н.М. | Тепломассообменные процессы и оборудование для обработки текстильного материала в воздушной и паровых средах | УМП | М.: МГУДТ | 2016 | *http://znanium.com/bookread2.php?book=792218* | на кафедре – 5 шт. |
| 6 | Жмакин Л.И., Шарпар Н.М. | Теплотехнический расчет установки для сушки текстильных материалов | МУ | М.: МГУДТ | 2015 | *http://znanium.com/bookread2.php?book=792183* | на кафедре – 5 шт. |
| 7 | Жмакин Л.И., Шарпар Н.М. | Расчет и выбор калориферов | МУ | М.: МГУДТ | 2015 |  | на кафедре – 5 шт. |
| 8 | Захарова А.А., Салтыкова В.С. | Массообменные процессы | МУ | М.: МГУДТ | 2015 | http://znanium.com/catalog/author/7a5b1f0d-dc24-11e4-b489-90b11c31de4c |  |
| 9 | Белоусов А.С., Белоусов В.И. | Разработка моделей теплообмена в проточных технологических аппаратах | МУ | М.: МГУДТ | 2014 | http://znanium.com/bookread2.php?book=961364 |  |
| 10 | Кошелева М.К.  | Задачи и задания в тестовой форме по общей химической технологии | МУ | М.: МГУДТ | 2013 | http://znanium.com/bookread2.php?book=465542 |  |

# ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

## Ресурсы электронной библиотеки, информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

|  |  |
| --- | --- |
| **№ пп** | **Электронные учебные издания, электронные образовательные ресурсы** |
|  | «Znanium.com» научно-издательского центра «Инфра-М»<http://znanium.com/>  |
|  | Электронные издания «РГУ им. А.Н. Косыгина» на платформе ЭБС «Znanium.com» <http://znanium.com/> |
|  | «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru) |
|  | О предоставлении доступа к информационно-аналитической системе SCIENCE INDEX (включенного в научный информационный ресурс elibrary.ru) https://www.elibrary.ru/ |
|  | ЭБС «Лань» <http://www.e.lanbook.com/> |
|  | ООО «Национальная электронная библиотека» (НЭБ) [http://нэб.рф/](http://xn--90ax2c.xn--p1ai/)Договор № 101/НЭБ/0486 – п от 21.09.2018 г. |
|  | Научная электронная библиотека еLIBRARY.RU <http://www.elibrary.ru/>Лицензионное соглашение № 8076 от 20.02.2013 г. |
|  | НЭИКОН <http://www.neicon.ru/> Соглашение №ДС-884-2013 от18.10.2013г |
|  | **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы** |
|  | «Polpred.com Обзор СМИ» <http://www.polpred.com>Соглашение № 2014 от 29.10.2016 г. |
|  | Web of Science <http://webofknowledge.com/> Сублицензионный договор № wos/917 на безвозмездное оказание услуг от 02.04.2018 г. |
|  | Scopus <http://www>. Scopus.com/Сублицензионный Договор № Scopus /917 от 09.01.2018 г. |
|  | «SpringerNature» <http://www.springernature.com/gp/librarians>Платформа Springer Link: <https://rd.springer.com/>Платформа Nature: <https://www.nature.com/>База данных Springer Materials: <http://materials.springer.com/>База данных Springer Protocols: <http://www.springerprotocols.com/>База данных zbMath: <https://zbmath.org/>База данных Nano: <http://nano.nature.com/>Сублицензионный договор № Springer/41 от 25 декабря 2017 г. |

## Перечень программного обеспечения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№п/п** | **Программное обеспечение** | **Реквизиты подтверждающего документа/Свободно распространяемое** |
|  | Windows 10 Pro, MS Office 2019  | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | PrototypingSketchUp: 3D modeling for everyone | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | V-Ray для 3Ds Max  | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | NeuroSolutions  | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Wolfram Mathematica  | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Microsoft Visual Studio  | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | CorelDRAW Graphics Suite 2018  | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Mathcad  | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Matlab+Simulink  | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019. |
|  | Adobe Creative Cloud 2018 all Apps (Photoshop, Lightroom, Illustrator, InDesign, XD, Premiere Pro, Acrobat Pro, Lightroom Classic, Bridge, Spark, Media Encoder, InCopy, Story Plus, Muse и др.)  | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | SolidWorks | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Rhinoceros | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Simplify 3D | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | FontLаb VI Academic | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Pinnacle Studio 18 Ultimate | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | КОМПАС-3d-V 18 | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
|  | Project Expert 7 Standart | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
|  | Альт-Финансы | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
|  | Альт-Инвест  | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
|  | Программа для подготовки тестов Indigo | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
|  | Autodesk AutoCAD 2021 для учебных заведений, подписка к бессрочной лицензии | Договор #110003456652 от 18 февр. 2021 г.Распространяется свободно для аккредитованных учебных заведений |
|  | LibreOffice GNU Lesser General Public License | Свободно распространяемое |
|  | Scilab CeCILL (свободная, совместимая с GNU GPL v2) | Свободно распространяемое |
|  | Linux Ubuntu GNU GPL | Свободно распространяемое |
|  | FDS-SMV free and open-source software | Свободно распространяемое |
|  | AnyLogic Personal Learning Edition | Свободно распространяемое |
|  | Helyx-OS GNU General Public License  | Свободно распространяемое |
|  | OpenFoam v.4.0 GNU General Public License | Свободно распространяемое |
|  | DraftSight 2018 SP3 Автономная бесплатная лицензия | Свободно распространяемое |
|  | GNU Octave GNU General Public License | Свободно распространяемое |

### ЛИСТ УЧЕТА ОБНОВЛЕНИЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/МОДУЛЯ

В рабочую программу учебной дисциплины/модуля внесены изменения/обновления и утверждены на заседании кафедры:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ пп** | **год обновления РПД** | **характер изменений/обновлений** **с указанием раздела** | **номер протокола и дата заседания** **кафедры** |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |