



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЕиС  
И.Ю. Мезин

17.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ***

Направление подготовки (специальность)  
03.03.02 ФИЗИКА

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	4
Семестр	8

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 ФИЗИКА (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 07.08.2014 г. № 937)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики  
06.02.2020, протокол № 5

Зав. кафедрой  М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС  
17.02.2020 г. протокол № 6

Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры Физики, канд. техн. наук  А.В. Колдин

Рецензент:

зав. кафедрой ВТиП, д-р техн. наук  О.С. Логунова

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Цель данного курса – повышение общеобразовательного уровня специалистов, формирование у студентов умения применять основные законы и представления теплофизики, рассматриваемые в ранее изученных курсах к сплошным средам

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теоретические основы теплотехники входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Общая физика

Теоретическая физика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

Производственная – преддипломная практика

Теплофизические задачи сплошной среды

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теоретические основы теплотехники» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-3 способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	
Знать	физические законы и явления, рамки их применения
Уметь	использовать базовые теоретические знания в нестандартных ситуациях; самостоятельно актуализировать знания
Владеть	способностью использования полученных знаний для изучения профильных и непрофильных дисциплин
ПК-3 готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	
Знать	теорию планирования эксперимента, способы обработки экспериментальных данных
Уметь	составлять план эксперимента, обрабатывать экспериментальные данные, анализировать результаты эксперимента; осуществлять поиск необходимой для проведения теоретического исследования информации с использованием различных источников; самостоятельно определять задачи исследования
Владеть	методами планирования, оптимизации эксперимента и анализа получаемых результатов, подготовки материалов для публикации; навыками использования ЭВМ и глобальных сетей для поиска, обработки, фильтрации и анализа научной информации

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 58,1 академических часов;
- аудиторная – 54 академических часов;
- внеаудиторная – 4,1 академических часов
- самостоятельная работа – 14,2 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основные положения, законы и понятия теории теплообмена								
1.1 Теплопроводность при стационарном режиме	8	6		2	2	Самостоятельное изучение литературы по теме, решение индивидуальных домашних заданий	Проверка индивидуальных домашних заданий, опрос	ОПК-3, ПК-3
1.2 Нестационарные процессы распространения тепла в твердых телах		6		2/ИИ	2	Самостоятельное изучение литературы по теме, решение индивидуальных домашних заданий	Проверка индивидуальных домашних заданий, опрос	ОПК-3, ПК-3
1.3 Основы конвективного теплообмена		6		4/ИИ	4,2	Самостоятельное изучение литературы по теме, решение индивидуальных домашних заданий	Проверка индивидуальных домашних заданий, опрос	ОПК-3, ПК-3
1.4 Теплообмен при изменении агрегатного состояния		6		4/ИИ	2	Самостоятельное изучение литературы по теме, решение индивидуальных домашних заданий	Проверка индивидуальных домашних заданий, опрос	ОПК-3, ПК-3
1.5 Теплообмен излучением		6		2	2	Самостоятельное изучение литературы по теме, решение индивидуальных домашних заданий	Проверка индивидуальных домашних заданий, опрос	ОПК-3, ПК-3

1.6 Теплообменные аппараты		6		4/ИИ	2	Самостоятельное изучение литературы по теме, решение индивидуальных домашних заданий	Проверка индивидуальных домашних заданий, опрос	ОПК-3, ПК-3
Итого по разделу		36		18/ИИ	14,2			
Итого за семестр		36		18/ИИ	14,2		экзамен	
Итого по дисциплине		36		18/ИИ	14,2		экзамен	ОПК-3,ПК-3

## **5 Образовательные технологии**

Результат освоения дисциплины «Теоретические основы теплотехники» – формирование у студентов компетенций, представляющих собой динамичную совокупность знаний, умений, владений, способностей и личностных качеств, которую студент может продемонстрировать после завершения данной части образовательной программы. Для формирования этих компетенций и реализации предусмотренных видов учебной работы, в учебном процессе в качестве образовательных технологий используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Учебные занятия проводятся в виде:

1) лекций

- обзорных – для систематизации и закрепления знаний по дисциплине  
- информационных – для ознакомления со стандартами и справочной информацией  
- проблемных - для развития исследовательских навыков и изучения способов решения задач.

Лекции проводятся в аудиториях с применением демонстраций, компьютерных симуляций и компьютерных презентаций.

2) практических занятий

На данных занятиях на примерах конкретных задач углубляются теоретические основы курса, показывается их практическое применение, вырабатываются основные владения для дальнейшей самостоятельной работы.

3) тестовых заданий

Контрольные работы используются с целью оценки степени усвоения составных частей изучаемой дисциплины. Основными формами контроля являются письменная домашняя контрольная работа, компьютерное тестирование и доклады

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Видин, Ю. В. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен: Учебное пособие / Видин Ю.В., Казаков Р.В., Колосов В.В. - Краснояр.:СФУ, 2015. - 370 с.: ISBN 978-5-7638-3302-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/967810>

2. Видин, Ю. В. Инженерные методы расчета задач теплообмена [Электронный ресурс] : монография / Ю. В. Видин, В. В. Иванов, Р. В. Казаков. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. - 168 с. - ISBN 978-5-7638-2940-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/506059>

### **б) Дополнительная литература:**

1. Сергеев, И. П. Краткое изложение основных положений технического расчета конвективного теплообмена при движении жидкости в прямых трубах круглого поперечного сечения : монография / И. П. Сергеев, С. Л. Деменок, Д. М. Богданов. - Санкт-Петербург : Страта, 2018. - 64 с. - ISBN 978-5-6040743-2-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1132723>

### **в) Методические указания:**

1. Теплопередача : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 2. Упражнения и задачи / В. С.

Чередниченко, В. А. Сеницын, А. И. Алиферов, Ю. И. Шаров ; под общ. ред. В. С. Чередниченко, А. И. Алиферова. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 348 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014714-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1001096>

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
ABC Pascal	свободно распространяемое	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает аудитории для лабораторной и самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: персональные компьютеры с выходом в интернет и доступом в электронную образовательную среду университета.

## Приложение 1

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

*Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):*

*Примеры задач для ИДЗ №1 «Теория теплообмена».*

1.

Определить термическое сопротивление теплопроводности  $R_t$  и толщину  $\delta$  плоской однослойной стенки, если при разности температур ее поверхностей  $\Delta T = T_{w2} - T_{w1} = 75 \text{ }^\circ\text{C}$  через нее проходит стационарный тепловой поток плотностью  $q=3 \text{ кВт/м}^2$ . Коэффициент теплопроводности стенки  $\lambda=2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

2.

Нагреватель, выполненный из трубки диаметром  $d = 25 \text{ мм}$  и длиной  $l = 0,5 \text{ м}$ , погружен вертикально в бак с водой, имеющей температуру  $T_f = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить количество теплоты, передаваемое нагревателем в единицу времени, считая температуру его поверхности постоянной по всей длине и равной  $T_w = 55,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

3.

На наружной поверхности горизонтальной трубы диаметром  $d = 20 \text{ мм}$  и длиной  $l = 2 \text{ м}$  конденсируется сухой насыщенный водяной пар при давлении  $p_n = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Температура поверхности трубы  $T_w = 94,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к трубе и количество пара  $G$ , которое конденсируется на поверхности трубы.

4.

Определить приведенную степень черноты системы, состоящей из двух труб, если одна труба с наружным диаметром  $d_1=80 \text{ мм}$  находится внутри другой с внутренним диаметром  $d_2=200 \text{ мм}$ . Степень черноты труб одинакова и равна  $0,65$ .

*Примеры задач для ИДЗ №2 «теплообменные аппараты».*

1

Определить температуру охлаждающей воды на выходе из водяного маслоохладителя, если температура трансформаторного масла на входе в теплообменник  $t_1' = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ , на выходе  $t_1'' = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ , расход масла 15000 кг/час. Температура охлаждающей воды на входе  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , расход воды 25000 кг/ч.

2

В теплообменнике конденсируется пар при атмосферном давлении 0,1 МПа и конденсат удаляется при температуре насыщения. Охлаждающая вода нагревается от  $t_2' = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $t_2'' = 85 \text{ }^\circ\text{C}$ . Поверхность теплообменника  $F = 5 \text{ м}^2$ . Коэффициент теплопередачи  $k = 800 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Определить расход горячего теплоносителя.

3

2. Определить расход пара на нагрев воды в пароводяном теплообменнике при условии, что весь пар превращается в конденсат, выходящий из теплообменника в состоянии насыщения при давлении греющего пара. Найти площадь поверхности нагрева в теплообменнике при условии, что коэффициент теплопередачи  $k = 2700 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Построить схематично график изменения температуры теплоносителей вдоль поверхности нагрева, если расход воды  $G_2 = 2 \text{ м}^3/\text{мин}$ , температура воды на входе  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , на выходе  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ . Давление пара  $p = 0,12 \text{ МПа}$ , степень сухости  $x = 0,98$ .

**Перечень вопросов для подготовки к экзамену:**

1. Что называется конвективным тепломассообменом?
2. Плотность теплового потока при конвективном тепломассообмене. Теплоотдача, уравнение теплоотдачи Ньютона – Рихмана, физический смысл и размерность коэффициента теплоотдачи.
3. Массоотдача, коэффициент диффузии, его смысл и размерность.
4. Дифференциальное уравнение неразрывности, уравнение несжимаемости, их физический смысл.
5. Дифференциальное уравнение переноса энергии, его физический смысл.
6. Коэффициент температуропроводности, его размерность и физический смысл.
7. Дифференциального уравнения движения вязкого теплоносителя, его физический смысл.

8. Коэффициенты динамической и кинематической вязкости, их размерность и физический смысл.
9. Дифференциальное уравнение теплоотдачи в пограничном слое.
10. Условия однозначности в задачах конвективного теплообмена, виды граничных условий для скорости.
11. Коэффициент поверхностного натяжения, его размерность и физический смысл. Условия возникновения конвекции Марангони.
12. Коэффициент объемного расширения теплоносителя. Приближение Буссинеска в задачах тепловой конвекции, его физический смысл.
13. Какие уравнения включает постановка краевой задачи тепловой конвекции в динамических переменных?
14. Завихренность, функция тока теплоносителя, их размерности, физический смысл. Дифференциальное уравнение переноса завихренности.
15. Дифференциальное уравнение теплопроводности, его физический смысл.
16. Как учитываются в уравнении теплопроводности неоднородные свойства?
17. Как учитываются в уравнении теплопроводности анизотропия свойств?
18. Как задаются граничные условия теплообмена первого, второго и третьего видов? Физический смысл коэффициента теплоотдачи.
19. Граничные условия контактного теплообмена (четвертого вида). Смысл и размерность теплового сопротивления контакта.
20. Теплопроводность плоского слоя, определение расхода тепла.
21. Безразмерная формулировка краевой задачи теплопроводности. Числа Био и Фурье, их физический смысл.
22. Особенности теплопроводности при фазовых и структурных переходах в металле.
23. Как определяется плотность теплового потока на границе фазового перехода?
24. Математическая формулировка задачи теплопроводности с подвижной границей фазового перехода.
25. Получите «закон квадратного корня» роста корки твердой фазы при затвердевании слитка.
26. Какова методика сквозного счета в задачах теплопроводности со структурными и фазовыми переходами?
27. Вид функции относительного содержания твердой фазы в задачах с фазовым переходом.
28. Способы вычисления эффективной и спектральной теплоемкостей.
29. Как приближенно учесть конвекцию жидкого ядра кристаллизующегося слитка в задачах теплопроводности?
30. Характеристики теплового излучения.
31. Радиационные характеристики тел. Чем характеризуются абсолютно белое, черное и прозрачное тела? Диффузное и зеркальное отражение, цветные тела.
32. Законы Планка, Вина, Стефана – Больцмана, Кирхгофа, Ламберта.
33. Определение эффективного излучения для прозрачных и непрозрачных тел.
34. Расчет теплообмена излучением между бесконечными пластинами. Приведенная степень черноты.
35. Теплообмен излучением между телами, когда одно тело находится внутри другого.
36. Экранирование как способ защиты от теплового излучения.
37. Что такое сложный (радиационно-конвективный) теплообмен?
38. Как определяется коэффициент теплоотдачи, учитывающий излучение?

### *Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов*

**Конспект лекции.** Смысл присутствия студента на лекции заключается во включении его в активный процесс слушания, понимания и осмысления материала, подготовленного

преподавателем. Этому способствует конспективная запись полученной информации, с помощью которой в дальнейшем можно восстановить основное содержание прослушанной лекции.

Для успешного выполнения этой работы советуем:

- подготовить отдельные тетради для каждого предмета. Запись в них лучше вести на одной стороне листа, чтобы позднее на чистой странице записать дополнения, уточнения, замечания, а также собственные мысли. С помощью разноцветных ручек или фломастеров можно будет выделить заголовки, разделы, термины и т.д.

- не записывать подряд все, что говорит лектор. Старайтесь вначале выслушать и понять материал, а затем уже зафиксировать его, не упуская основных положений и выводов. Сохраняйте логику изложения. Обратите внимание на необходимость точной записи определений и понятий.

- оставить место на странице свободным, если не успели осмыслить и записать часть информации. По окончании занятия с помощью однокурсников, преподавателя или учебника вы сможете восстановить упущенное.

- уделять внимание грамотному оформлению записей. Научитесь графически ясно и удобно располагать текст: вычленять абзацы, подчеркивать главные мысли, ключевые слова, помещать выводы в рамки и т.д. Немаловажное значение имеет и четкая структура лекции, в которую входит план, логически выстроенная конструкция освещения каждого пункта плана с аргументами и доказательствами, разъяснениями и примерами, а также список литературы по теме.

- научиться писать разборчиво и быстро. Чтобы в дальнейшем не тратить время на расшифровку собственных записей, следите за аккуратностью почерка, не экономьте бумагу за счет уплотнения текста. Конспектируя, пользуйтесь общепринятыми сокращениями слов и условными знаками, если есть необходимость, то придумайте собственные сокращения.

- уметь быстро и четко переносить в тетрадь графические рисунки и таблицы. Для этих целей приготовьте прозрачную линейку, карандаш и резинку. Старайтесь как можно точнее скопировать изображение с доски. Если наглядный материал трудно воспроизводим в условиях лекции, то сделайте его словесное описание с обобщающими выводами.

- просмотреть свои записи после окончания лекции. Подчеркните и отметьте разными цветами фломастера важные моменты в записях. Исправьте неточности, внесите необходимые дополнения. Не тратьте время на переписывание конспекта, если он оказался не совсем удачным. Совершенствуйтесь, записывая последующие лекции.

**Подготовка к семинарским занятиям.** Семинар – один из основных видов практических занятий по гуманитарным дисциплинам. Он предназначен для углубленного изучения отдельных тем и курсов. По форме проведения семинары обычно представляют собой решение задач, обсуждение докладов, беседу по плану или дискуссию по проблеме.

Подготовка к занятиям заключается, прежде всего, в освоении того теоретического материала, который выносится на обсуждение. Для этого необходимо в первую очередь перечитать конспект лекции или разделы учебника, в которых присутствует установочная информация. Изучение рекомендованной литературы необходимо сделать максимально творчески – не просто укладывая в память новые сведения, а осмысливая и анализируя материал. Закрепить свои знания можно с помощью записей, выписок или тезисного конспекта.

Если семинар представлен докладами, то основная ответственность за его проведение лежит на докладчиках. Как сделать это успешно смотрите в разделе «Доклад». Однако роль остальных участников семинара не должна быть пассивной. Студенты, прослушав доклад, записывают кратко главное его содержание и задают выступающему уточняющие вопросы. Чем более основательной была домашняя подготовка по теме, тем активнее

происходит обсуждение проблемных вопросов. На семинаре всячески поощряется творческая, самостоятельная мысль, дается возможность высказать критические замечания.

Беседа по плану представляет собой заранее подготовленное совместное обсуждение вопросов темы каждым из участников. Эта форма потребует от студентов не только хорошей самостоятельной проработки теоретического материала, но и умение участвовать в коллективной дискуссии: кратко, четко и ясно формулировать и излагать свою точку зрения перед сокурсниками, отстаивать позицию в научном споре, присоединяться к чужому мнению или оппонировать другим участникам.

**Методические указания по выполнению домашнего задания** рекомендуется следовать следующему общему алгоритму:

1. Проработать конспект лекции на предмет выявления непонятных моментов темы.
2. В случае наличия непонятных моментов сформулировать вопросы.
3. Найти и изучить дополнительный материал по теме, используя рекомендованную литературу и электронные ресурсы учебных пособий в сети Интернет.
4. Ответить на возникшие в ходе изучения темы вопросы.
5. Выписать трактовки основных понятий, законов, принципов и т.п. по теме лекции.
6. Из перечня вопросов к зачету выбрать те, которые отражают содержание лекции.
7. Найти ответы на эти вопросы в тексте лекций и дополнительном материале.
8. Оформить материал в письменном виде

### **Подготовка к тестированию**

По типу все задания теста делятся на закрытые и открытые. Закрытый вопрос подразумевает выбор правильного варианта ответа из нескольких предложенных (как правило, таких вариантов четыре). Открытый вопрос не имеет вариантов ответа, напоминая, таким образом, обычный вопрос из письменной контрольной работы. Большая часть тестовых заданий чаще всего относится именно к закрытому типу. Времени на их выполнение, как нетрудно догадаться, требуется меньше, чем на задания открытого типа (ничего не надо писать, нужно лишь отметить условным знаком выбранный ответ), но и оцениваются ответы на эти вопросы не так высоко, как ответы на вопросы открытого типа.

Всю подготовительную работу к прохождению теста можно условно разбить на два основных направления. Первое – это изучение учебного материала как такового.

Необходимо изучать теорию и тренироваться в решении задач и выполнении упражнений.

Для этого понадобятся специальные тренировочные пособия – учебные тесты с указанием правильных ответов.

Закончив прохождение одного тренировочного теста, обязательно отметить вопросы, на которые даны неправильные ответы. Нужно выписать на отдельный листок темы, которые вызвали затруднение. Это – слабые места. Открыв учебник, внимательно проштудировать соответствующий раздел, прорешать все предлагаемые задачи, ответить на все вопросы в конце каждого параграфа. Только после этого нужно приниматься за выполнение следующего тренировочного теста.

Учащиеся сами заметят положительную динамику. Каждый последующий тест должен приносить больше очков, чем предыдущий.

Вначале необходимо внимательно прочитать вопросы. Польза от этого двойная: во-первых, будет настройка на предмет, во-вторых, можно определить, в каких заданиях вопросы «пересекаются» (иногда бывает, что один вопрос в скрытой форме содержит ответ на другой).

Необходимо мысленно отметить вопросы, которые показались трудными или вызывают сомнения. Можно записать их номера на листке для черновика.

Теперь следует приступить к ответам, отвечая на те вопросы, в которых уверены, не

тратя на обдумывание каждого из них больше 1 минуты. Если этого времени покажется недостаточно, чтобы найти правильный ответ, нужно пропустить вопрос и двигаться дальше.

Пройдя весь тест до конца, пропуская трудные задания, затем необходимо вернуться к пропущенным заданиям. Теперь уже не торопясь, не подгоняя себя, а спокойно и внимательно вдуматься в заданный вопрос. Возможно, другие выполненные задания подскажут правильный ответ. Если время позволяет, нужно продолжать работать над тестовыми заданиями.

### **Подготовка к экзамену**

Перед началом подготовки к экзамену необходимо просмотреть весь материал и отложить тот, что хорошо знаком, а начинать учить незнакомый, новый

Начинай готовиться к зачету заранее, понемногу, по частям, сохраняя спокойствие. Составь план на каждый день подготовки, необходимо четко определить, что именно сегодня будет изучаться. А также необходимо определить время занятий с учетом ритмов организма.

К трудно запоминаемому материалу необходимо возвращаться несколько раз, просматривать его в течение нескольких минут вечером, а затем еще раз - утром.

Очень полезно составлять планы конкретных тем и держать их в уме, а не зазубривать всю тему полностью «от» и «до». Можно также практиковать написание вопросов в виде краткого, тезисного изложения материала.

Заучиваемый материал лучше разбить на смысловые куски, стараясь, чтобы их количество не превышало семи. Смысловые куски материала необходимо укрупнять и обобщать, выражая главную мысль одной фразой. Текст можно сильно сократить, представив его в виде схемы

Пересказ текста своими словами приводит к лучшему его запоминанию, чем многократное чтение, поскольку это активная, организованная целью умственная работа

## Приложение 2

### «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

По данной дисциплине предусмотрены различные виды контроля результатов обучения: текущий контроль (проверка выполнения заданий), итоговый контроль в виде экзамена.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-3 способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</b>		
Знать	физические законы и явления, рамки их применения	<p style="text-align: center;"><i>Перечень вопросов для подготовки к экзамену:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что называется конвективным теплообменом?</li> <li>2. Плотность теплового потока при конвективном теплообмене. Теплоотдача, уравнение теплоотдачи Ньютона – Рихмана, физический смысл и размерность коэффициента теплоотдачи.</li> <li>3. Массоотдача, коэффициент диффузии, его смысл и размерность.</li> <li>4. Дифференциальное уравнение неразрывности, уравнение несжимаемости, их физический смысл.</li> <li>5. Дифференциальное уравнение переноса энергии, его физический смысл.</li> <li>6. Коэффициент температуропроводности, его размерность и физический смысл.</li> <li>7. Дифференциального уравнения движения вязкого теплоносителя, его физический смысл.</li> <li>8. Коэффициенты динамической и кинематической вязкости, их размерность и физический смысл.</li> <li>9. Дифференциальное уравнение теплоотдачи в пограничном слое.</li> <li>10. Условия однозначности в задачах конвективного теплообмена, виды граничных условий для скорости.</li> <li>11. Коэффициент поверхностного натяжения, его размерность и физический смысл. Условия возникновения конвекции Марангони.</li> <li>12. Коэффициент объемного расширения теплоносителя. Приближение Буссинеска в задачах тепловой конвекции, его физический смысл.</li> <li>13. Какие уравнения включает постановка краевой задачи тепловой конвекции в динамических переменных?</li> <li>14. Завихренность, функция тока теплоносителя, их размерности, физический смысл. Дифференциальное уравнение переноса завихренности.</li> <li>15. Дифференциальное уравнение теплопроводности, его</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>физический смысл.</p> <p>16. Как учитываются в уравнении теплопроводности неоднородные свойства?</p> <p>17. Как учитываются в уравнении теплопроводности анизотропия свойств?</p> <p>18. Как задаются граничные условия теплообмена первого, второго и третьего видов? Физический смысл коэффициента теплоотдачи.</p> <p>19. Граничные условия контактного теплообмена (четвертого вида). Смысл и размерность теплового сопротивления контакта.</p> <p>20. Теплопроводность плоского слоя, определение расхода тепла.</p>
Уметь	использовать базовые теоретические знания в нестандартных ситуациях; самостоятельно актуализировать знания	<p>Примеры индивидуальных домашних заданий</p> <p>1. Определить линейное термическое сопротивление теплопроводности <math>R_l</math> и толщину стенки <math>\delta</math> стальной трубы, внутренний диаметр которой <math>d_1 = 8,5</math> мм, если при разности температур её поверхностей <math>\Delta T = 0,02</math> °С с участка трубопровода длиной <math>\ell = 100</math> м в окружающую среду в течение часа теряется теплота <math>Q_t = 4,45</math> МДж. Режим теплообмена стационарный. Коэффициент теплопроводности материала трубы <math>\lambda = 16</math> Вт/(м·К).</p> <p><b>Задача 2</b></p> <p>По трубе <math>d = 60</math> мм протекает воздух со скоростью <math>w = 5</math> м/с. Определить значение среднего коэффициента теплоотдачи, если средняя температура воздуха <math>\bar{T}_f = 100</math> °С.</p>
Владеть	способностью использования полученные знания для изучения профильных и непрофильных дисциплин фильтрации и анализа научной информации	<p>Примеры контрольных заданий:</p> <p>2. Стены сушильной камеры выполнены из слоя красного кирпича толщиной <math>\delta_1 = 250</math> мм и слоя строительного войлока. Температура на внутренней поверхности кирпичного слоя <math>T_{w1} = 130</math> °С, а на внешней поверхности войлочного слоя <math>T_{w2} = 40</math> °С. Коэффициент теплопроводности красного кирпича <math>0,7</math> Вт/(м·К) и строительного войлока <math>0,0465</math> Вт/(м·К). Вычислить температуру в плоскости соприкосновения слоев <math>T_{1-2}</math> и толщину войлочного слоя при условии, что тепловые потери через <math>1</math> м<sup>2</sup> стенки камеры равны <math>q = 130</math> Вт/м<sup>2</sup>.</p> <p>3. Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты высотой <math>H = 1,5</math> м к окружающему воздуху, если известно, что температура поверхности плиты <math>T_w = 80</math> °С, температура окружающего воздуха вдали от поверхности <math>T_f = 20</math> °С.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-3 готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований</b>		
Знать	теорию планирования эксперимента, способы обработки экспериментальных данных	<p style="text-align: center;"><i><b>Перечень вопросов для подготовки к экзамену:</b></i></p> <p>21. Безразмерная формулировка краевой задачи теплопроводности. Числа Био и Фурье, их физический смысл.</p> <p>22. Особенности теплопроводности при фазовых и структурных переходах в металле.</p> <p>23. Как определяется плотность теплового потока на границе фазового перехода?</p> <p>24. Математическая формулировка задачи теплопроводности с подвижной границей фазового перехода.</p> <p>25. Получите «закон квадратного корня» роста корки твердой фазы при затвердевании слитка.</p> <p>26. Какова методика сквозного счета в задачах теплопроводности со структурными и фазовыми переходами?</p> <p>27. Вид функции относительного содержания твердой фазы в задачах с фазовым переходом.</p> <p>28. Способы вычисления эффективной и спектральной теплоемкостей.</p> <p>29. Как приближенно учесть конвекцию жидкого ядра кристаллизующегося слитка в задачах теплопроводности?</p> <p>30. Характеристики теплового излучения.</p> <p>31. Радиационные характеристики тел. Чем характеризуются абсолютно белое, черное и прозрачное тела? Диффузное и зеркальное отражение, цветные тела.</p> <p>32. Законы Планка, Вина, Стефана – Больцмана, Кирхгофа, Ламберта.</p> <p>33. Определение эффективного излучения для прозрачных и непрозрачных тел.</p> <p>34. Расчет теплообмена излучением между бесконечными пластинами. Приведенная степень черноты.</p> <p>35. Теплообмен излучением между телами, когда одно тело находится внутри другого.</p> <p>36. Экранирование как способ защиты от теплового излучения.</p> <p>37. Что такое сложный (радиационно-конвективный) теплообмен?</p> <p>38. Как определяется коэффициент теплоотдачи, учитывающий излучение?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	составлять план эксперимента, обрабатывать экспериментальные данные, анализировать результаты эксперимента; осуществлять поиск необходимой для проведения теоретического исследования информации с использованием различных источников; самостоятельно определять задачи исследования	<p>Примеры индивидуальных домашних заданий</p> <p>3. На наружной поверхности вертикальной трубы диаметром 20 мм и высотой <math>H = 2</math> м конденсируется сухой насыщенный водяной пар при давлении <math>p_{\text{ж}} = 1,98 \cdot 10^5</math> Па. Температура поверхности трубы <math>T_{\text{ж}} = 115</math> °С.</p> <p>1. Определить приведенную степень черноты системы, если трубопровод с наружным диаметром 0,1 м проходит в центре кирпичного квадратного канала со стороной 0,5 м. Степень черноты трубы 0,72. Степень черноты стенок канала 0,85.</p>
Владеть	методами планирования, оптимизации эксперимента и анализа получаемых результатов, подготовки материалов для публикации; навыками использования ЭВМ и глобальных сетей для поиска, обработки, фильтрации и анализа научной информации	<p>Примеры контрольных заданий:</p> <p>7. Из воды, кипящей в большом объеме при давлении 1,98 бар, необходимо получить 300 кг/час сухого насыщенного водяного пара. Найти необходимую для этого площадь поверхности нагрева, если температура поверхности 131 °С.</p> <p>7. Определить плотность теплового потока, теряемого излучением с поверхности паропровода диаметром 0,1 м. Температура стенки паропровода 427 °С, степень черноты 0,9. Температура окружающей среды 27 °С.</p>

**Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):**

– на оценку «отлично» – студент должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** – студент должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** – студент должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.