

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

А. В. Толстикова

29 мая 2022

ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

Рабочая программа

для обучающихся по научной специальности

1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника

форма обучения: очная

Шабаров А. Б., Вакулин А. А. Теплофизика и теоретическая теплотехника. Рабочая программа для обучающихся по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника. Форма обучения: очная. Тюмень, 2022.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОТ (приказ Минобрнауки России № 951 от 20 октября 2021 года).

Рабочая программа дисциплины (модуля) "Теплофизика и теоретическая теплотехника" опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель дисциплины - ознакомить аспирантов с основными проблемами современной теплофизики, с теплофизическими процессами спецпроизводств и подготовить студентов к изучению спецкурсов, расчету проектов и выполнению индивидуального спецпрактикума.

Задачи учебного курса:

- овладение аспирантами аналитических методов решения задач теплопроводности при различных граничных условиях, конвективного теплопереноса, по процессам переноса тепла при кипении и конденсации среды;
- познакомить аспирантов с основными положениями теории конвективного теплопереноса, напомнить об основных представлениях для решения задач по свободной и вынужденной конвекции, рассмотреть особенности процессов переноса в турбулентном потоке;
- углубленно изучить уравнения пограничного слоя (гидродинамического, теплового, диффузионного);
- углубленно изучить представления о кипении и конденсации среды;
- вспомнить и изучить новые методы расчета сложного теплообмена, в том числе при изменении агрегатного состояния вещества;
- ознакомление аспирантов с устройством и процессами, происходящими в сверхтеплопроводных теплопередающих устройствах - тепловых трубах, теплообменными аппаратами.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины (модуля)

ПК-1 способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научных исследованиях в области теплофизики и теоретической теплотехники;

ПК-2 способность проводить расчеты теплофизических параметров и анализировать результаты теплофизических экспериментов;

ПК-3 способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с помощью современного оборудования и информационных технологий.

3. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			5 семестр
Общий объем	зач. ед.	4	4
	час	144	144
Из них:			

Часы аудиторной работы (всего):	32	32
Лекции	16	16
Практические занятия	16	16
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	76	76
Вид промежуточной аттестации (диф. зачет, кандидатский экзамен, экзамен)	36	Кандидатский экзамен 36

4. Система оценивания

Форма промежуточной аттестации – кандидатский экзамен.

Для допуска к экзамену необходимым условием является выполнение самостоятельной работы.

Критерии оценивания самостоятельной работы:

- оценка «отлично» выставляется аспиранту, верно решившему (с незначительными погрешностями) 9-10 из 10 заданий самостоятельной работы;
- оценка «хорошо» выставляется аспиранту, верно решившему (с незначительными погрешностями) 7-8 из 10 заданий самостоятельной работы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, верно решившему (с незначительными погрешностями) 4-6 из 10 заданий самостоятельной работы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, решившему верно менее 4 из 10 заданий самостоятельной работы.

Критерии оценки результатов кандидатского экзамена

Оценка «отлично» ставится при соблюдении следующих условий:

- грамотное и правильное использование в ответах физической и общенаучной терминологии;
- безошибочное владение категориальным аппаратом науки;
- умение обозначить основные проблемы сформулированных в билетах вопросов;
- безошибочное знание фактического материала;
- историографические знания в рамках вопросов билета;
- умение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования;
- логичность, связность ответа.

Оценка «хорошо» ставится при соблюдении следующих условий:

- грамотное использование в ответах физической и общенаучной терминологии;
- проблемное изложение сформулированных в билетах вопросов;
- отдельные ошибки при изложении фактического материала;
- неполнота изложения историографических сведений в рамках вопросов билета;
- умение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования;
- логичность, связность ответа.

Оценка «удовлетворительно» ставится за:

- недостаточное использование в ответах физической и общенаучной терминологии;
- недостаточное владение категориальным аппаратом науки;
- умение обозначить только одну из проблем, сформулированных в билетах вопросов;
- ошибки при изложении фактического материала;
- поверхностные историографические знания в рамках вопросов билета;
- нарушение логичности и связности ответа.

Оценка «неудовлетворительно» ставится за:

- отсутствие в ответах необходимой физической и общенаучной терминологии;
- описательное изложение сформулированных в билетах вопросов, неумение обозначить и изложить проблемы;
- грубые ошибки при изложении фактического материала;
- незнание историографии вопросов билета;
- неумение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования;
- нарушение логичности, связности ответа.

5. Содержание дисциплины

5.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные законы теплопроводности. Стационарные задачи теплопроводности. Нестационарные задачи теплопроводности.	4	2	2	0	0
2.	Начальные и граничные условия для уравнения теплопроводности. Безразмерные параметры теплопереноса.	4	2	2	0	0
3.	Теплообмен излучением. Конвективный теплообмен. Теплофизические свойства	4	2	2	0	0

	веществ и методы их измерения.						
4.	Основные положения теории конвективного переноса. Движение вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Динамический и тепловой пограничные слои. Диффузионный пограничный слой.	4	2	2	0	0	
5.	Теория подобия. Критериальные уравнения. Теплообмен при внешнем обтекании тел.	4	2	2	0	0	
6.	Теплообмен при внутреннем течении в трубах и каналах.	4	2	2	0	0	
7.	Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку. Теплообмен излучением.	4	2	2	0	0	
8.	Теплообмен вблизи поверхности «жидкость-газ». Теплообмен при конденсации пара. Виды конденсации.	4	2	2	0	0	
9.	Консультация перед кандидатским экзаменом	2	0	0	0	2	
10.	Кандидатский экзамен	34	0	0	0	34	
	Итого (часов)	68	16	16	0	36	

5.2. Содержание дисциплины (модуля) по темам

Тема 1. Основные законы теплопроводности. Стационарные задачи теплопроводности. Нестационарные задачи теплопроводности. Способы переноса тепла: теплопроводность, конвекция, излучение. Поле температуры, понятие градиента температуры. Основные понятия и определения теплофизики (терминология): тепловой поток, плотность теплового потока, мощность внутренних источников теплоты, теплоноситель, теплообменник. Понятия теплоотдачи и теплопередачи: коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи, температурный напор, местный температурный напор, средний логарифмический и средний интегральный температурный напоры, внешние и общие термические сопротивления. Плотность теплового потока, закон Фурье. Закон Био-Фурье. Коэффициент теплопроводности. Некоторые теории и экспериментальные данные по определению коэффициента теплопроводности для различных веществ. Коэффициент теплопроводности газов. Коэффициент теплопроводности жидкостей. Коэффициент теплопроводности твердых тел: металлы и сплавы. Термоупругость. Решение стационарного дифференциального уравнения теплопроводности без внутренних источников тепла для бесконечной тонкой пластины. Температурное поле в плоской стенке

при граничных условиях первого рода. Приведение уравнений к безразмерному виду. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры. Теплопроводность через многослойную стенку. Эквивалентный коэффициент теплопроводности плоской стенки. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях третьего рода (теплопередача). Термическое сопротивление теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Двумерное поле температур. Решение стационарного дифференциального уравнения теплопроводности при наличии внутренних источников тепла для бесконечной тонкой пластины. Плотность объемного тепловыделения. Температурное поле в плоской стенке при наличии тепловыделений. Симметричные условия отвода теплоты от пластины. Пластина с одной теплоизолированной поверхностью. Пластина с разными (постоянными) температурами поверхностей. Методы решения нестационарных задач теплопроводности.

Тема 2. Начальные и граничные условия для уравнения теплопроводности. Безразмерные параметры тепломассопереноса. Краевые условия и типы краевых задач: задача Коши, смешанная задача, стационарная задача. Граничные условия 1, 2, 3, 4-го рода. Основные методы решения задач теплопроводности: метод разделения переменных однородных задач теплопроводности (метод Фурье). Число Фурье. Число Пекле. Число Нуссельта. Число Рейнольдса. Число Прандтля. Число Грасгофа и Рэлея.

Тема 3. Теплообмен излучением. Конвективный теплообмен. Теплофизические свойства веществ и методы их измерения. Основные понятия и определения процессов конвективного теплообмена. Физические свойства жидкостей. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Спектры излучения. Описание процесса лучистого теплообмена. Собственное, отраженное, поглощенное, пропущенное, эффективное, результирующее излучение. Понятие абсолютно черного тела. Излучательные характеристики абсолютно черного тела. Спектральная плотность потока излучения. Интегральная плотность потока излучения. Закон Планка. Правило смещения Вина. Закон Стефана Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта. Методы измерения теплофизических параметров. Измерения методом температурных волн. Задача о температурных волнах в полуограниченной среде. Диаграмма состояния воды и ее теплофизические свойства. Водяной пар, свойства льда и вечномерзлого грунта.

Тема 4. Основные положения теории конвективного переноса. Движение вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Динамический и тепловой пограничные слои. Диффузионный пограничный слой. Движение вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Напряжение сдвига. Режимы течения жидкости. Коэффициент трения, гидравлического сопротивления. Уравнение неразрывности. Вывод. Уравнение расхода. Особенности процессов переноса в турбулентном потоке. Характер, структура турбулентного движения (масштаб, интенсивность, кинетическая энергия турбулентного движения). Метод Лагранжа, метод Эйлера для определения масштаба турбулентности. Правила осреднения турбулентных величин. Уравнения сохранения для

турбулентного движения: уравнение неразрывности, уравнение Навье-Стокса, уравнение теплопроводности, диффузии. Гидродинамический пограничный слой. Уравнение Кармана. Размеры ламинарного пограничного слоя. Турбулентный пограничный слой при обтекании плоской поверхности. Профиль скорости. Толщина пограничного слоя. Ламинарный подслой. Пограничный слой при внутреннем течении. Формула Никурадзе. Тепловой пограничный слой. Аналогия процессов переноса теплоты и количества движения. Связь между вязкостным трением и теплоотдачей (ламинарный, турбулентный слой). Аналогия Рейнольдса. Приближенное соотношение между гидродинамическим и тепловым пограничными слоями. Интегральное уравнение энергии в ламинарном пограничном слое. Молекулярная диффузия. Диффузия в движущейся среде. Термодиффузия и диффузионный перенос теплоты. Дифференциальное уравнение диффузии. Диффузионный пограничный слой.

Тема 5. Теория подобия. Критериальные уравнения. Теплообмен при внешнем обтекании тел. Использование теории подобия для расчета процессов переноса теплоты и вещества. Теория подобия. Пи-теорема размерности. Константы подобия. Основные критерии подобия: критерий гомохронности, Рейнольдса, Грасгофа, Эйлера, Фруда, Галилея, Архимеда, Нуссельта, Прандтля, Пекле, Фурье, Стентона, Био, критерий фазового перехода. Критериальные уравнения свободной и вынужденной конвекции. Теплообмен при обтекании плоской поверхности. Теплообмен при поперечном обтекании одиночного цилиндра. Теплообмен при внешнем обтекании тел. Обтекание пучка труб. Теплообмен при обтекании шара.

Тема 6. Теплообмен при внутреннем течении в трубах и каналах. Теплообмен при ламинарном, турбулентном течениях. Теплообмен при свободной конвекции в ограниченном и неограниченном пространстве. Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку.

Тема 7. Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку. Теплообмен излучением. Тепловой поток и температурное поле в жидкости, движущейся через пористую стенку. Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку. Тепловой поток и температурное поле в жидкости, движущейся между двумя пористыми поверхностями. Основные положения (определения, степень черноты). Основные закономерности теплового излучения. Определение температуры излучающих тел. Лучистый теплообмен между твердыми телами. Лучистый теплообмен между телами, образующими замкнутую систему. Экранирование тел. Лучистый теплообмен в газовых средах. Особенности излучения газов. Теплообмен между газом и оболочкой. Сложный теплообмен.

Тема 8. Теплообмен вблизи поверхности «жидкость-газ». Теплообмен при конденсации пара. Виды конденсации. Диффузия с поверхности. Вывод исходных соотношений. Диффузионный поток теплоты. Температура поверхности при испарении. Испарение воды в воздух. Влажный воздух. Испарение воды. Стационарное испарение капли. Испарение неподвижной капли. Испарение капли при вынужденной конвекции. Виды конденсации. Равновесие капли конденсата на поверхности. Режимы течения

конденсата при стекании пленки конденсата. Теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах стекания конденсата на вертикальной стенке. Конденсация пара на горизонтальных и наклонных трубах. Теплообмен при пленочной, капельной конденсации пара в трубах.

6. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Основные законы теплопроводности. Стационарные задачи теплопроводности. Нестационарные задачи теплопроводности.	1. Работа с учебной литературой. 2. Проработка лекций. 3. Подготовка к самостоятельной работе.
2.	Начальные и граничные условия для уравнения теплопроводности. Безразмерные параметры теплопереноса.	1. Работа с учебной литературой. 2. Проработка лекций. 3. Подготовка к самостоятельной работе.
3.	Теплообмен излучением. Конвективный теплообмен. Теплофизические свойства веществ и методы их измерения.	1. Работа с учебной литературой. 2. Проработка лекций. 3. Подготовка к самостоятельной работе.
4.	Основные положения теории конвективного переноса. Движение вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Динамический и тепловой пограничные слои. Диффузионный пограничный слой.	1. Работа с учебной литературой. 2. Проработка лекций. 3. Подготовка к самостоятельной работе.
5.	Теория подобия. Критериальные уравнения. Теплообмен при внешнем обтекании тел.	1. Работа с учебной литературой. 2. Проработка лекций. 3. Подготовка к самостоятельной работе.
6.	Теплообмен при внутреннем течении в трубах и каналах.	1. Работа с учебной литературой. 2. Проработка лекций. 3. Подготовка к самостоятельной работе.
7.	Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку. Теплообмен излучением.	1. Работа с учебной литературой. 2. Проработка лекций. 3. Подготовка к самостоятельной работе.

8.	Тепломасооперенос вблизи поверхности «жидкость-газ». Тепломасообмен при конденсации пара. Виды конденсации.	1. Работа с учебной литературой. 2. Проработка лекций. 3. Подготовка к самостоятельной работе.
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

7. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)

7.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

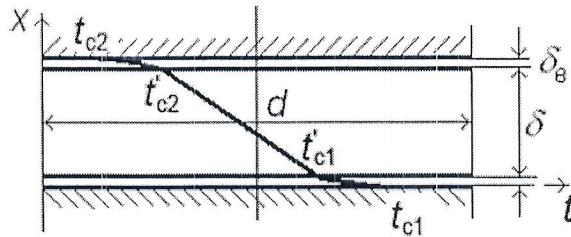
Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Уравнение неразрывности в интегральной, алгебраической и дифференциальной форме.
2. Уравнение движения в интегральной, алгебраической и дифференциальной форме.
3. Уравнение сохранения полной энергии в интегральной, алгебраической и дифференциальной форме.
4. Квазиодномерное движение жидкости и газа в трубах. Обобщенное уравнение Бернулли.
5. Расчет параметров при движении в трубопроводе.
6. Расчет параметров при движении газа в трубопроводе.
7. Уравнение Навье-Стокса. Ламинарное течение жидкости в трубе.
8. Уравнение Прандтля для пограничного слоя.
9. Соотношение Кармана. Расчет турбулентного пограничного слоя.
10. Уравнение сверхзвукового течения. Метод характеристик.
11. Характеристики турбулентности. Уравнение Рейнольдса для турбулентного течения в пограничном слое.
12. Уравнение сохранения массы жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси.
13. Фазовые проницаемости. Капиллярное давление. Функция Леверетта.
14. Приток несжимаемой жидкости к скважине. Формула Дюпюи.
15. Закон Фурье и уравнение теплопроводности в неподвижной и в движущейся среде.
16. Закон Фика и уравнение диффузии в неподвижной и движущейся среде.
17. Классификация и физический смысл граничных условий для уравнения теплопроводности.
18. Постановка задач с подвижной границей фазового перехода (задача Стефана).
19. Конвективный теплообмен.
20. Моделирование процессов теплообмена. Условия подобия. Критерии Рейнольдса, Грасгофа, Нуссельта.
21. Система уравнений тепломассопереноса в безразмерном виде. Критерии Фурье, Пекле, Прандтля, Стентона.
22. Уравнение теплового пограничного слоя. Граничные условия.
23. Характерные толщины теплового пограничного слоя.

24. Вынужденная конвекция.
25. Свободная конвекция.
26. Теплообмен при излучении. Уравнение Стефана-Больцмана.
27. Конденсация. Основные понятия. Пленочная конденсация.
28. Капельная конденсация. Расчет тепловых потоков при капельной конденсации.
29. Кипение. Основные понятия. Пленочное кипение.
30. Кризисы теплообмена. Капельное кипение.

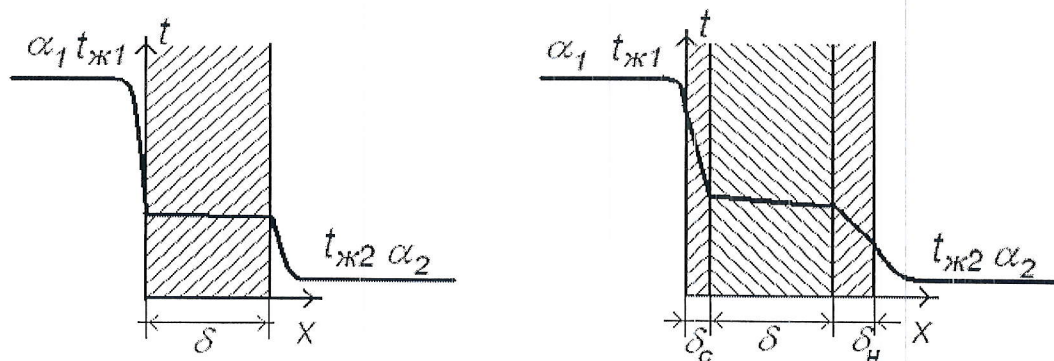
Примерные задачи для самостоятельных работ:

Задача 1. В приборе для определения коэффициента теплопроводности материалов между горячей и холодной поверхностями расположен образец из испытуемого материала. Образец представляет собой диск диаметром d , мм, и толщиной δ , мм. Температура горячей поверхности t_{c1} , °С, холодной t_{c2} , °С. Тепловой поток через образец после установления стационарного процесса Q , Вт. Благодаря защитным нагревателям радиальные потоки теплоты отсутствуют. Вследствие плохой пригонки между холодной и горячей поверхностями и образцом образовались воздушные зазоры толщиной $\delta_{в}$, мм. Вычислить относительную ошибку в определении коэффициента теплопроводности, если при обработке результатов измерений не учитывать образовавшихся зазоров. Коэффициент теплопроводности воздуха в зазорах отнести к температурам соответствующих поверхностей.



№ варианта	Числовые данные			№ варианта	Числовые данные		
	t_{c1}	t_{c2}	Q		d	δ	$\delta_{в}$
1	210	36	51,2	1	124	22	0,12
2	205	34	50,9	2	122	21	0,11
3	200	32	50,6	3	120	20	0,10

Задача 2. Вычислить тепловой поток через 1 м^2 чистой поверхности нагрева парового котла и температуры на поверхностях стенки, если температура дымовых газов $t_{ж1}$, °С, кипящей воды $t_{ж2}$, °С. Коэффициенты теплоотдачи от газов к стенке α_1 , Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$) и от стенки к кипящей воде α_2 , Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$). Коэффициент теплопроводности материала стенки $\lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ и толщина стенки δ , мм. Решить задачу при условии, что в процессе эксплуатации поверхность нагрева парового котла со стороны дымовых газов покрылась слоем сажи толщиной $\delta_{с}$, мм, [$\lambda_{с} = 0,08 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$] и со стороны воды слоем накипи толщиной $\delta_{н}$, мм, [$\lambda_{н} = 0,8 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$]. Вычислить плотность теплового потока через 1 м^2 загрязненной поверхности нагрева и температуры на поверхностях соответствующих слоев. Определить уменьшение тепловой нагрузки.



№ варианта	Числовые данные						
	$t_{ж1}$	$t_{ж2}$	α_1	α_2	δ	δ_c	δ_n
1	925	185	75	4250	7	1	2
2	950	190	80	4500	8	1	3
3	975	195	85	4750	9	2	4

Задача 3. Определить коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности трубки испарителя к кипящей воде, если тепловая нагрузка поверхности нагрева равна $q = 2 \cdot 10^5$ Вт/м². Режим кипения пузырьковый и вода находится под давлением $p = 2 \cdot 10^5$ Па.

Задача 4. Определить тепловую нагрузку поверхности нагрева парогенератора при пузырьковом кипении воды в большом объеме, если вода находится под давлением $p = 6,2 \cdot 10^5$ Па, а температура поверхности нагрева $t_{пов} = 175$ °С.

Задача 5. Определить необходимую поверхность нагрева парогенератора производительностью 4 т/час, при $p = 15,7 \cdot 10^5$ Па. Предполагаемый температурный напор 10°С.

Задача 6. В трубе внутреннем диаметром 18 мм движется кипящая вода со скоростью 1 м/с. Вода находится под давлением $p = 8 \cdot 10^5$ Па. Определить значение коэффициента от стенки к кипящей воде, если температура внутренней поверхности трубы равна 173°С.

Задача 7. На наружной поверхности горизонтальной трубы диаметром 20 мм и длиной 2м конденсируется сухой насыщенный водяной пар при давлении 105 Па, температура поверхности 94,5 °С. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к трубе и количество пара, которое конденсируется на поверхности трубы.

Задача 8. Как изменится коэффициент теплоотдачи при конденсации сухого насыщенного пара на поверхности горизонтальной трубы, если давление пара возрастает от $p_1 = 10^5$ Па до $p_2 = 4 \cdot 10^5$ Па, температурный напор постоянен.

Задача 9. На наружной поверхности вертикальной трубы диаметром 20 мм и высотой 2м конденсируется сухой насыщенный водяной пар при давлении 105 Па, температура на поверхности трубы 94,5°С. Определить средний по высоте коэффициент теплоотдачи от пара к трубе и количество пара G , кг/ч, которое конденсируется на поверхности трубы.

Задача 10. Определите коэффициент массоотдачи и массу бензина АИ-98, испарившегося в 1 час с поверхности при опорожнении резервуара РВС-5000, если диаметр резервуара 22,84м, производительность опорожнения 1500 м³/час,

средняя за время опорожнения высота ГП 6,4м, число дыхательных клапанов $K=1$, диаметр монтажного патрубка 0,25м., концентрация паров бензина у поверхности испарения 0,3, средняя объемная концентрация паров бензина 0,21, температура паровоздушной смеси в ГП 30 градусов Цельсия, молярная масса паров бензина 62 кг/кмоль, абсолютное давление в ГП 103325 Па.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Основная литература:

1. Вакулин, Александр Анатольевич. Теплофизика и теоретическая теплотехника [Электронный ресурс]: [учебное пособие для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук, магистрантов высших учебных заведений, а также исследователей, специализирующихся в области теплофизики и теоретической теплотехники] / Министерство науки и высшего образования РФ; Тюменский государственный университет; Физико-технический институт. — Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3,01 Мб). — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2019 — 196 с. — Загл. с титул. экрана. — Электрон. версия печ. публикации. — 2-Лицензионный договор № 810/2019-04-01. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение). — Текстовые электронные данные. — Adobe Acrobat Reader 7.0. — URL: https://library.utmn.ru/dl/PPS/Vakulin_810_2019.pdf (дата обращения: 16.03.2022).

8.2 Дополнительная литература:

1. Кудинов, А.А. Тепломассообмен: учебное пособие / А.А. Кудинов. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 375 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-011093-6. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1046937> (дата обращения: 16.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

2. Брюханов, О.Н. Тепломассообмен: Учебник / Брюханов О.Н., Шевченко С.Н. — М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019. — 464 с.: — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-004803-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1000209> (дата обращения: 16.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

3. Тепломассоперенос в нефтегазовых и строительных технологиях: учебное пособие / А.Б. Шабаров, А.А. Кислицын, Б.В. Григорьев [и др.]; под ред. А.Б. Шабарова, А.А. Кислицына. — Тюмень: ТюмГУ, 2014. — 332 с. — ISBN 978-5-400-00979-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109978> (дата обращения: 16.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Физико-математическое моделирование течений в нефтегазовых технологиях: учебное пособие / А.Б. Шабаров, С.С. Примаков, Д.Р. Гильмиев [и др.]. — Тюмень: ТюмГУ, 2014. — 216 с. — ISBN 978-5-400-00944-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/109979> (дата обращения: 16.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Кудинов, А.А. Строительная теплофизика: учебное пособие / А.А. Кудинов. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 262 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-005158-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002061> (дата обращения: 16.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

6. Шиляев, М.И. Гидродинамика и тепломассообмен пленочных течений в полях массовых сил и их приложения: монография / М.И. Шиляев, А.В. Толстых. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 198 с. — (Научная мысль). — ISBN 978-5-16-009291-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1214839> (дата обращения: 16.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

7. Иванов, И.С. Технология машиностроения: учебное пособие / И.С. Иванов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 240 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-010941-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043104> (дата обращения: 16.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

8. Чикуров, Н.Г. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г. Чикуров. — М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2019. — 398 с.: — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-369-01167-6. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010810> (дата обращения: 16.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

9. Барилевич, В.А. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учеб. пособие. / В.А. Барилевич, Ю.А. Смирнов — М.: ИНФРА-М, 2019. — 432 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/3292. — ISBN 978-5-16-005771-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1003418> (дата обращения: 16.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

8.3 Интернет-ресурсы:

-

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю):

Лицензионное ПО:

- MS Word,
- MS Excel,
- MS PowerPoint,
- Платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

10. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- Учебные аудитории для проведения лекций и практических занятий.

11. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям лиц с ограниченными возможностями

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

12. Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы

Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы:

Рекомендуются следующие виды самостоятельной работы:

- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы;
- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников информации по курсу;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к кандидатскому экзамену.

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку аспиранта к текущим аудиторным занятиям и контрольным мероприятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности аспиранта на занятиях и в качестве выполненных контрольных и лабораторных работ.

Самостоятельная работа аспирантов реализуется:

- 1) непосредственно в процессе аудиторных занятий – на лекциях и практических занятиях – путем проведения экспресс-опросов по конкретным темам, тестового контроля знаний;
- 2) в контакте с преподавателем вне рамок расписания – на консультациях по учебным вопросам, при выполнении индивидуальных заданий;
- 3) в библиотеке, дома.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы аспирантов разнообразны:

- подготовка и написание рефератов, докладов;
- подбор и изучение литературных источников;
- подготовка к участию в научно-теоретических конференциях.

Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям:

Практические занятия представляют особую форму сочетания теории и практики. Их назначение – углубление проработки теоретического материала предмета путем регулярной и планомерной самостоятельной работы аспирантов на протяжении всего курса. Процесс подготовки к практическим занятиям включает изучение нормативных документов, обязательной и дополнительной литературы по рассматриваемому вопросу.

Непосредственное проведение практического занятия предполагает, например:

- индивидуальные выступления аспирантов с сообщениями по какому-либо вопросу изучаемой темы;
- фронтальное обсуждение рассматриваемой проблемы, обобщения и выводы;
- решение задач и упражнений;
- решение ситуационных производственных (профессиональных) задач;
- проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности.
- выполнение контрольных работ.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам рекомендуется: внимательно ознакомиться с тематикой практического занятия; прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; составить краткий план ответа на каждый вопрос практического занятия; проверить свои знания, отвечая на вопросы для самопроверки; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради.

Все письменные задания выполнять в рабочей тетради.

Практические занятия развивают у аспирантов навыки самостоятельной работы по решению конкретных задач.

Методические рекомендации по подготовке к кандидатским экзаменам:

Экзамен сдается в устной форме.

Экзаменационные билеты содержат два вопроса по основным разделам программы и один вопрос по теме диссертационного исследования по выбору соискателя. Процедура проведения экзамена предусматривает дополнительные вопросы по тем же или другим разделам программы, не вошедшим в экзаменационный билет. В содержание экзамена также входит собеседование по содержанию полностью или частично подготовленного кандидатского исследования.

Экзаменационные билеты включают вопросы из разделов: термодинамика и статистическая физика; теория неравновесных процессов; физика газов и плазмы; фазовые переходы, физика твёрдого тела.

За экзамен выставляется единая оценка.