

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

«12» 04 2021г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)

**Б1.О.23 «Тепло и массообмен»**

(код и наименование дисциплины (модуля))

**13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

**«Энергообеспечение предприятий»**

(наименование профиля/специализации)

**бакалавр**

квалификация

**Форма обучения очная**

Нижекамск, 2021

Составитель ФОС:

Доцент

  
(подпись)

А.А.Сагдеев

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ПАХТ,  
протокол от 16 02 2021 г. №5

Зав. кафедрой

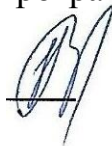
  
(подпись)

Д.Н.Латыпов

## **СОГЛАСОВАНО**

Протокол заседания кафедры ЭТЭОП, реализующей подготовку основной образовательной программы от 16 02 2021 г. № 7

Зав. кафедрой



Е.В.Тумаева

Эксперт:

Руководитель ООП Д.Б.Вафин профессор каф. ЭТЭОП  
Ф.И.О., должность, организация, подпись



***Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины Б1.О.23 «Тепло и массообмен»  
Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
Профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий»***

Компетенция:

ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.

Индикаторы достижения компетенции:

ОПК-3.1 Знает способы получения, преобразования, преобразования и использования теплоты в технологических установках.

ОПК- 3.2 Умеет производить контроль качества монтажа котельного, основного и вспомогательного оборудования систем теплоснабжения.

ОПК-3.3 Владеет методами обеспечения надежной работы источников производства теплоты и систем ее транспортировки.

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b> (указать все темы из РПД)				<b>Наименование оц- ночного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой проект (работа)</b>	
ОПК- 3.1	<i>Тема 1, Тема 2, Тема3, Тема 4, Тема 5.</i>	<i>Тема 1, Тема 2, Тема3, Тема 4, Тема 5.</i>	<i>Тема 1, Тема 2, Тема 4, Тема 5.</i>	<i>Не предусмотре- ны</i>	<i>Экзамен,практическое занятие, лаборатор- ная работа</i>
ОПК-3.2	<i>Тема 6.</i>	<i>Тема 6.</i>	<i>Тема 6.</i>	<i>Не предусмотре- ны</i>	<i>Экзамен, лабора- торная работа</i>
ОПК-3.3	<i>Тема 5, Тема 6, Тема7.</i>	<i>Тема 5, Тема 6, Тема7.</i>	<i>Тема 5, Тема 6.</i>	<i>Не предусмотре- ны</i>	<i>Экзамен, практиче- ское занятие, лабора- торная работа</i>

***Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)***

<b>Форма обучения</b>	<b>Наименование оценочных средств</b>	<b>Количество баллов</b>
<b>очная</b>	Лабораторные работы.	max 40 - min 22
	Практическое занятие	max 20 - min 14
	Экзамен	max 40 - min 24
	Форма контроля	<b>экзамен</b>
	итого	max100 - min60
	<b>Наименование оценочных средств</b>	<b>Количество баллов</b>

### *Шкала оценивания*

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:	
			экзамен / зачет с оценкой	зачет
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (незачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.



### Краткая характеристика оценочных средств

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного сред- ства в фонде</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1.	Лабораторная работа	<p>Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характеристик лабораторного объекта.</p> <p>Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дисциплины (дисциплин) с использованием технических средств и (или) оборудования</p>	Темы лабораторных работ
2.	Практическое занятие	<p>В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работать с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.</p>	Темы практических занятий; контрольные задания по теме практического занятия

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет механический*  
*Кафедра ПАХТ*

Учебным планом по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» для обучающихся предусмотрено проведение **лабораторных занятий** по дисциплине **Б1.О.23 «Теплоимассообмен»**.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения: лабораторного оборудования, образцов для исследований, методических пособий. Цель проведения лабораторных работ - практическое освоение теоретических положений лекционного материала, а также выработка студентами определенных умений и навыков самостоятельного экспериментирования.

При изучении дисциплины **Б1.О.23 «Тепло и массообмен»** предусматривается выполнение **пяти** лабораторных работ:

**Лабораторная работа №1. Определение коэффициента теплопроводности твердого материала.**

1. Что такое теплопроводность?
2. Механизм распространения теплоты теплопроводностью в металлах, газах и жидкостях.
3. Закон Фурье.
4. Что называется коэффициентом теплопроводности?
5. Как влияют температура, давление и влажность на теплопроводность материалов?
6. Как определяется температура между слоями в многослойной плоской стенке?

**Лабораторная работа №2. Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции.**

1. Что называется конвективным теплообменом?
2. Какие различают виды конвекции?
3. Закон Ньютона – Рихмана.

4. Какие факторы влияют на конвективный теплообмен?
5. Функцией каких величин является коэффициент теплоотдачи?
6. Какими критериями подобия характеризуется конвективный теплообмен для газов и жидкостей?

### **Лабораторная работа №3. Лучистый теплообмен.**

1. Как осуществляется лучистый теплообмен?
2. Какая связь между длиной волны и частотой колебаний?
3. Закон Кирхгофа.
4. Что называется коэффициентом поглощения, отражения и пропускания?
5. Закон Планка и его графическое изображение.
6. Закон Вина.

### **Лабораторная работа №4. Исследование процесса теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменном аппарате.**

1. Что называется теплопередачей?
2. Что называется коэффициентом теплопередачи?
3. Описать передачу теплоты через стенку.
4. Что называется теплообменным аппаратом?
5. На какие группы делятся теплообменные аппараты?
6. Основные уравнения при расчете теплообменных аппаратов.

### **Лабораторная работа 5. Расчетно-экспериментальное определение коэффициента теплопередачи.**

1. Подобие процессов конвективного теплообмена.
2. Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителей в трубах.
3. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании труб.
4. Общий вид критериального уравнения при турбулентном движении.
5. Общий вид критериального уравнения при ламинарном режиме.
6. Общий вид критериального уравнения при поперечном обтекании труб.

### **Критерии оценки лабораторных работ**

За эти работы студент может получить максимальное кол-во баллов – 40. *Каждая лабораторная работа оценивается по следующим критериям:*

Оценка «отлично» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $7 \leq R \leq 8$  и студент выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов с наибольшей точностью; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно оценивает точность результатов измерений; умеет выполнять анализ погрешностей прямых и косвенных измерений.

Оценка «хорошо» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $6 \leq R < 7$  и выполнены требования к оценке 5, но было допущено два - три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $4,4 \leq R < 6$  и работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки: а) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большой погрешностью; б) в отчете допущено не более двух грубых ошибок; в) не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если балл рейтинга студента составляет  $R < 4,4$  и работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

### Критерии оценки лабораторной работы

При подготовке к лабораторной работе по дисциплине «Теплои массообмен» студент должен выполнить следующие виды работ:

Виды работ	Минимальный балл	Максимальный балл
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	0,4	1
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	1	1,5
Выполнение необходимого эксперимента	1	1,5
Обработка результатов исследования, построение графиков	1	2
Анализ результатов исследования и вывод по работе	1	2
<b>ИТОГО :</b>	<b>4.4</b>	<b>8</b>

Материалы лабораторных работ приведены в учебном пособии, разработанном на кафедре :

Сагдеев К.А., Хазипов М.Р., Сагдеев А.А., Гумеров Ф.М. «Термодинамика и основы теплопередачи» : учебное пособие.- Нижнекамск : НХТИ 2016.- 81 с.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет механический*  
*Кафедра ПАХТ*

Учебным планом по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» для обучающихся предусмотрено проведение **практических занятий** по дисциплине «Тепло и массообмен». Обучающимся предлагаются разноуровневые задачи, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал.

### **Тема 1. Теплопроводность**

**Задача 1.** Определить количество теплоты, проходящей через единицу длины стенки камеры сгорания жидкостного реактивного двигателя диаметром  $d = 180$  мм, если толщина стенки  $\delta = 2,5$  мм, коэффициент теплопроводности материала  $\lambda$ . Температуры на поверхностях стенки поддерживаются постоянными и равны: со стороны внутренней стенки  $t_{cm}'$  и со стороны наружной стенки  $t_{cm}''$ . Варианты заданий представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ варианта	$\lambda$ , Вт/(м · К)	$t_{cm}'$ , °С	$t_{cm}''$ , °С
1	34,9	1200	600
2	31,4	1150	550
3	29,8	1250	500
4	30,5	1190	600
5	32,0	1280	490
6	33,6	1090	600
7	34,0	990	560
8	30,9	1100	570
9	29,8	1300	480
10	27,9	1190	600

**Задача 2.** Для условий задачи 1 определить количество теплоты, прошедшее через единицу длины стенки камеры сгорания жидкостного реактивного двигателя с защитным покрытием, толщина которого равна  $\delta_n$ , а коэф-

коэффициент теплопроводности покрытия  $\lambda_n$ . Варианты задачи представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ варианта	$\delta_n$ , мм	$\lambda_n$ , Вт/(м·К)
1	0,50	2,67
2	0,55	1,17
3	0,45	0,89
4	0,39	2,68
5	0,60	3,00
6	0,65	1,38
7	0,49	2,40
8	0,39	1,89
9	0,40	2,00
10	0,35	3,50

**Задача 3.** Шаровой реактор, внутренний диаметр которого  $d_I$  имеет общую толщину стенки и слоя изоляции  $\delta_{из}$  с эквивалентным коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{из}$ . Определить удельную тепловую нагрузку внутренней и наружной поверхности стенки реактора, если температура внутренней поверхности стенки  $t_{cm}'$ , а внешней поверхности стенки составляет  $t_{cm}''$ . Варианты задачи представлены в таблице 3.

Таблица 3

№ вар.	$d_I$ , м	$\delta_{из}$ , мм	$\lambda_{из}$ , Вт/(м·К).	$t_{cm}'$ , °С	$t_{cm}''$ , °С.
1	1	65	1,047	160	60
2	1,2	40	1,150	155	57
3	1,1	45	1,230	138	45
4	0,9	55	1,371	175	53
5	0,85	50	1,561	153	55
6	1,0	60	1,321	173	67
7	1,2	45	1,131	163	71
8	1,1	55	1,121	153	49
9	1,3	50	1,104	159	55
10	0,95	60	1,109	164	65

**Задача 4.** Стенка камеры сгорания реактивного двигателя диаметром  $d = 200/206$  мм покрыта с внутренней стенки камеры слоем тугоплавкого покрытия толщиной  $\delta$ , коэффициенты теплопроводности стенки камеры и покрытия соответственно равны  $\lambda_{cm} = 41,8$  Вт/(м·К) и  $\lambda_n = 1,395$  Вт/(м·К). Температура на внутренней поверхности покрытия равна  $t_n'$ , а на внешней поверхности стенки  $t_{cm}''$ . Определить удельный тепловой поток на единицу длины

стенки  $q$  и температуры поверхностей стенок в зоне контакта, если термическое сопротивление контакта  $R_k$ . Варианты задачи представлены в таблице 4.

Таблица 4

№ варианта	$\delta$ , мм	$t_n'$ , °C	$t_{cm}''$ , °C.	$R_{kj} \cdot 10^{-3}$ , (м <sup>2</sup> · К)/ Вт.
1	1,00	2500	500	0,757
2	0,9	2550	550	0,700
3	0,85	2530	570	0,739
4	0,95	2400	500	0,760
5	0,79	2450	550	0,789
6	0,95	2600	500	0,739
7	0,99	2570	480	0,790
8	0,87	2650	600	0,805
9	0,95	2700	690	0,769
10	1,00	2630	650	0,749

## Тема 2. Конвективный теплообмен

**Задача 1.** Определить передачу теплоты при свободной конвекции от вертикального голого трубопровода диаметром  $d$  и высотой  $h$  воздуху. Температура воздуха составляет  $T_\theta$ , температура стенки  $T_{cm}$ . Варианты задачи представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ варианта	$d$ , мм	$h$ , м	$T_\theta$ , °K	$T_{cm}$ , °K
1	120	4	293	523
2	110	5	303	550
3	100	6	313	573
4	105	7	300	600
5	90	5	253	473
6	95	8	353	573
7	115	5	223	473
8	105	9	253	593
9	110	7	353	603
10	100	6	263	653

**Задача 2.** Определить средний коэффициент теплоотдачи от потока воздуха к стенкам трубного пучка, состоящего из 5 рядов труб при поперечном его обтекании, если средняя скорость потока в узком сечении составляет  $w$ , средняя температура воздуха  $t_\theta$ , а диаметр труб равен  $d$ . Варианты задачи представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ варианта	$d$ , мм	$w$ , м/с	$t_\theta$ , °C
------------	----------	-----------	-----------------

1	50	10	450
2	55	10,3	500
3	60	11	550
4	70	9,7	600
5	65	9,5	650
6	75	12	480
7	85	12,5	700
8	50	13,0	750
9	75	13,5	680
10	60	11,5	560

Примечание: Расположение труб в пучке коридорное (варианты 1 – 5) и формула для расчета  $Nu = 0,177 \cdot c_{z1} \cdot Re^{0,64}$ ; расположение труб шахматное – (варианты 6 – 10) и формула для расчета  $Nu = 0,27 \cdot c_{z2} \cdot Re^{0,6}$ . В этих формулах для 5-ти рядного теплообменника  $c_{z1} = 0,95, c_{z2} = 0,9$ .

**Задача 3.** Определить средний коэффициент теплоотдачи и тепловой поток на единицу длины трубы при поперечном омывании ее воздухом, если наружный диаметр трубы  $d$ , температура поверхности трубы  $t_{cm}$ , температура воздуха  $t_в$ , скорость потока воздуха  $w$ . Варианты задачи представлены в таблице 3.

Таблица 3

№ варианта	$d, \text{мм}$	$t_{cm}, ^\circ\text{C}$	$w, \text{м/с}$	$t_в, ^\circ\text{C}$
1	20	200	100	30
2	25	190	60	40
3	30	180	50	35
4	40	170	65	45
5	45	160	55	60
6	25	210	80	50
7	35	250	40	55
8	50	300	30	65
9	15	200	40	70
10	10	190	45	75

**Задача 4.** Определить тепловой поток, отдаваемый движущимся воздухом внутри трубы стенке круглой трубы, температурой  $t_{cm}$ , диаметром  $d$  и длиной  $l$ , если расход воздуха составляет  $0,5 \text{ кг/с}$ , его температура  $t_в$ . Варианты задачи представлены в таблице 4.

Таблица 4

№ вар.	$d, \text{мм}$	$t_в, ^\circ\text{C}$	$t_{cm}, ^\circ\text{C}$	$d, \text{мм}$	$l, \text{м}$
1	20	300	100	40	0,5
2	25	400	120	35	0,6
3	30	350	150	25	0,7
4	40	450	170	30	0,8
5	45	600	190	50	0,9

6	25	500	200	45	1,0
7	35	550	220	35	1,2
8	50	650	250	25	1,4
9	15	700	300	30	1,6
10	10	750	120	35	2,0

**Задача 5.** Определить коэффициент теплоотдачи и количество переданной теплоты при течении воды в горизонтальной трубе диаметром  $d$  и длиной  $l$ , если скорость воды равна  $w$ , температура воды составляет  $t_w$ , температура стенки  $t_{cm}$ . Варианты задачи представлены в таблице 5.

Таблица 5

№ варианта	$d$ , мм	$l$ , м	$w$ , м/с	$t_w$ , °C	$t_{cm}$ , °C
1	8	4	0,1	70	20
2	6	5	0,11	60	15
3	7	6	0,14	50	30
4	5	7	0,16	40	10
5	6	4,5	0,5	55	15
6	8	5,5	0,30	65	20
7	9	8	0,2	45	10
8	7	8,5	0,15	75	35
9	10	7,5	0,20	50	15
10	11	4,5	0,15	60	20

### Тема 3. Теплообмен при изменении агрегатного состояния тела

**Задача 1.** Определить коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  от пара к вертикальной трубе конденсата. Труба имеет наружный диаметр  $d$ , высоту  $H$ , и температуру поверхности стенки  $t_{cm}$ . На поверхности трубы конденсируется сухой насыщенный пар при давлении  $P$  и температуре  $t_n$ . Варианты задачи представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ варианта	$d$ , мм	$H$ , м	$t_{cm}$ , °C	$t_n$ , °C	$P$ , МПа
1	25	2,5	9,0	0	0,0006
2	28	2,7	9,5	5	0,0007
3	30	2,9	10,0	8	0,0008
4	32	3,0	10,5	9	0,0009
5	35	3,2	11,0	10	0,0010
6	37	3,4	11,5	15	0,0015
7	40	3,6	12,0	20	0,0020
8	42	3,8	12,5	22	0,0025
9	45	4,0	13,0	25	0,0030
10	47	4,5	13,5	27	0,0035

**Задача 2.** Определить коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  при кипении воды и количество пара, получаемое в испарителе за 1 час. Общая поверхность теплообмена равна  $F$ . Температура стенки испарителя  $t_{cm}$ , давление пара составляет  $P$ . Варианты задачи представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ варианта	$t_{cm}, ^\circ\text{C}$	$P$ , бар	$F$ , м <sup>2</sup>
1	120	3,4	5,2
2	125	3,5	5,7
3	130	3,6	6,5
4	135	3,75	7,0
5	140	3,9	4,1
6	145	4,1	4,0
7	150	4,3	4,5
8	155	4,5	5,0
9	160	4,8	4,5
10	165	5	6,0

**Задача 3.** В горизонтальном конденсаторе необходимо сконденсировать 1000 кг/ч сухого насыщенного водяного пара при давлении  $P$ . Конденсация происходит на трубах длиной  $l$  и наружным диаметром  $d$ . Температура стенок труб  $t_{cm}$ . Какое количество труб необходимо для конденсации пара при условии, что конденсат не переохлаждается, а пар неподвижен? Варианты задачи представлены в таблице 3.

Таблица 3

№ вар.	$t_{cm}, ^\circ\text{C}$	$P$ , Па	$l$ , м	$d$ , м.
1	80	$1,013 \cdot 10^5$	3,0	30
2	85	$0,913 \cdot 10^5$	3,5	25
3	75	$1,953 \cdot 10^5$	4,0	35
4	70	$1,933 \cdot 10^5$	4,5	40
5	65	$1,020 \cdot 10^5$	5,0	30
6	60	$1,03 \cdot 10^5$	5,5	35
7	85	$1,33 \cdot 10^5$	6,0	25
8	75	$1,43 \cdot 10^5$	6,5	30
9	70	$1,46 \cdot 10^5$	7,0	25
10	65	$1,00 \cdot 10^5$	6,6	40

#### Тема 4. Тепловое излучение

**Задача 1.** Рассчитайте лучистый теплообменный поток от полированной алюминиевой пластины размерами  $A \cdot B$ , температура поверхности которой равна  $t$ , при условии, что излучение длилось  $\tau$ . Варианты задачи 1 представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ варианта	$A \cdot B, \text{ м}^2$	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ час}$
1	4·8	500	7
2	2·6	600	6
3	3·6	570	9
4	4·7	700	8
5	2·8	800	10
6	4·6	900	11
7	2·9	750	15
8	3·4	850	12
9	5·5	950	13
10	4·6	560	14

**Задача 2.** Определите собственную излучательную способность стенки летательного аппарата с коэффициентом излучения  $C$ , если температура излучающей поверхности стенки  $t_{cm}$ . Найти также степень черноты и длину волны, отвечающей максимуму интенсивности излучения. Варианты задачи представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ варианта	$C, \text{ Вт}/(\text{ м}^2 \cdot \text{ К}^4)$	$t_{cm}, ^\circ\text{C}$
1	4,53	1027
2	4,07	905
3	3,57	1150
4	5,08	980
5	4,90	1209
6	3,97	1300
7	2,09	1429
8	5,15	1190
9	7,16	1090
10	6,87	900

**Задача 3.** Стальная заготовка с начальной температурой  $t_1$  поставлена в муфельную электрическую печь, температура которой  $t_2$ . Определить, какой тепловой поток воспринимается заготовкой (в начальный период) за счет лучистой энергии, если отношение поверхностей заготовки и муфельной печи равно  $F_1/F_2$ , а степень черноты заготовки и стенок печи соответственно равны  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ . Варианты задачи представлены в таблице 3.

Таблица 3

№ варианта	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$F_1, \text{ м}^2$	$F_2, \text{ м}^2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$
1	27	927	1	30	0,7	0,85
2	33	1000	1,5	45	0,5	0,70
3	25	870	0,9	25	0,7	0,86
4	30	914	0,8	30	0,5	0,68
5	40	890	1,4	42	0,57	0,75

6	35	900	1,3	40	0,62	0,83
7	51	1100	1,2	38	0,70	0,95
8	47	1050	1,1	30	0,55	0,80
9	37	980	1	28	0,65	0,90
10	45	800	1,6	48	0,75	0,97

**Задача 4.** Определить лучистый теплообмен между стенками сосуда Дьюара, внутри которого хранится жидкий кислород, если на наружной поверхности внутренней стенки сосуда температура равна  $t_1$ , а на внутренней поверхности наружной стенки температура составила  $t_2$ . Стенки сосуда покрыты слоем серебра, степень черноты поверхностей стенок равны  $\epsilon_1 = \epsilon_2$ , а соотношение поверхностей стенок  $F_1/F_2$ . Варианты задачи представлены в таблице 4.

Таблица 4

№ варианта	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\epsilon_1 = \epsilon_2$	$F_1/F_2$
1	- 183	17	0,02	0,1
2	-175	20	0,027	0,2
3	-169	15	0,019	0,15
4	-190	10	0,030	0,1
5	-185	16	0,015	0,17
6	-175	19	0,02	0,15
7	-180	23	0,025	0,25
8	-195	25	0,018	0,20
9	-190	30	0,04	0,30
10	-200	42	0,05	0,35

**Задача 5.** Определить лучистый тепловой поток между двумя круглыми пластинами, центры которых находятся на общей нормали, если меньшая пластина имеет диаметр  $d_1$ , степень черноты  $\epsilon_1$  и температуру  $t_1$ , а большая – диаметр  $d_2$ , степень черноты  $\epsilon_2$ , температуру  $t_2$ . Расстояние между пластинами  $h$ . Варианты задачи представлены в таблице 5.

Таблица 5

№ варианта	$d_1, \text{м}$	$d_2, \text{м}$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$h, \text{м}$
1	0,25	0,50	0,10	0,50	727	234	2
2	0,2	0,55	0,15	0,55	627	123	1
3	0,15	0,40	0,9	0,40	537	345	1,5
4	0,10	0,35	0,20	0,35	438	452	1,8
5	0,05	0,45	0,25	0,45	531	164	3
6	0,25	0,55	0,15	0,55	745	352	1,2
7	0,30	0,60	0,10	0,50	644	241	1
8	0,35	0,40	0,10	0,40	538	167	2
9	0,40	0,35	0,25	0,55	798	190	1,5
10	0,45	0,60	0,15	0,60	700	200	1,1

Примечание:  $\varphi_{12} = [(0,25(d_2/d_1 + 1)^2 + (h/d_1)^2)^{1/2} * 0,25(d_2/d_1 - 1)^2 +$

$$((h/d_1)^2)^{1/2} J^2$$

**Задача 6.** Определить лучистый тепловой поток в единицу времени между двумя параллельными плоскостями, имеющими температуры  $t_1$  и  $t_2$  и степени черноты  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ . Как изменится этот поток, если между плоскостями установить листовой экран со степенью черноты  $\epsilon_3$ . Варианты задачи представлены в таблице 6.

Таблица 6

№ варианта	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$
1	450	40	0,62	0,35	0,22
2	460	50	0,65	0,55	0,25
3	470	45	0,70	0,40	0,18
4	480	55	0,75	0,35	0,25
5	490	60	0,65	0,45	0,28
6	500	55	0,53	0,35	0,18
7	660	47	0,70	0,43	0,22
8	670	63	0,55	0,40	0,30
9	560	90	0,55	0,50	0,40
10	700	100	0,45	0,30	0,15

## Тема 5. Теплоотдача. Теплопередача

**Задача 1.** По неизолированному трубопроводу диаметром  $170/185$  мм, проложенному на открытом воздухе, протекает вода со средней температурой  $t_{\omega} = 95^\circ\text{C}$ , а температура окружающего воздуха  $t_{\text{в}} = -18^\circ\text{C}$ . Определить потерю теплоты с 2 м длины трубопровода и температуры на внутренней и внешней поверхностях этого трубопровода, если коэффициент теплопроводности материала трубы  $\lambda$ , коэффициент теплоотдачи воды к стенке трубы  $\alpha_1$  и от трубы к окружающему воздуху  $\alpha_2$ .

Примечание: Так как  $d_2/d_1 = 1,03$ , то расчет провести по формуле для плоской стенки. Варианты задачи представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ вар.	$t_{\omega}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	$\lambda, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	$\alpha_1, \text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$	$\alpha_2, \text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$
1	95	-18	58,15	1395	13,95
2	90	-16	53,9	1285	12,3
3	87	-20	61,0	1388	11,8
4	100	-15	74,4	1296	10,0
5	105	-18	71,8	1129	18,7
6	85	-21	59,6	1300	15,4

7	97	- 17	49,9	1432	13,6.
8	90	-20	50,7	1374	15,7
9	110	- 25	49,8	1285	14,6
10	95	- 20	50,1	1342	13,9

**Задача 2.** Определить тепловые потери на 1 м длины трубопровода, а также температуру на внутренней и внешней поверхностях при условии, что трубопровод, рассматриваемый в задаче 1, покрыт слоем изоляции толщиной  $\delta_{из}$  с  $\lambda_{из}$ , а коэффициент теплоотдачи поверхности изоляции окружающей среде равен  $\alpha_{из}$ . Остальные условия те же, что в задаче 1. Варианты задачи представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ варианта	$\delta_{из}$ , мм	$\lambda_{из}$ , Вт/(м· К)	$\alpha_{из}$ , Вт/(м <sup>2</sup> · К)
1	70	0,116	9,3
2	50	0,136	10,3
3	54	0,128	11,9
4	47	0,124	8,6
5	45	0,138	9,0
6	67	0,112	12,0
7	75	0,105	11,2
8	53	0,97	8,7
9	82	0,132	12,3
10	65	0,122	13,5

**Задача 3.** Определить плотность теплового потока, проходящего через плоскую стальную стенку толщиной  $\delta_{ст}$  и с коэффициентом теплопроводности стенки  $\lambda_{ст}$ , а также коэффициенты теплопередачи для двух случаев. В 1 случае: температура газов  $t_l$ , температура кипящей воды  $t_s = 227^\circ\text{C}$ , коэффициент теплоотдачи от газов к стенке  $\alpha_l = 100$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) и от стенке к кипящей воде  $\alpha_2 = 5000$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Во втором случае в процессе эксплуатации поверхность нагрева со стороны газов покрылась слоем загрязнения толщиной  $\delta_{из}$  и с коэффициентом теплопроводности слоя загрязнения  $\lambda_{из}$ . Температуры воды и газов считать постоянными для обоих случаев. Определить температуры поверхностей между слоями, а также найти, во сколько раз уменьшится коэффициент теплопередачи с появлением слоя загрязнения. Варианты задачи представлены в таблице 3.

Таблица 3

№ варианта	$t_l$ , °C	$\delta_{ст}$ , мм	$\lambda_{ст}$ , Вт/(м·К)	$\delta_{из}$ , мм	$\lambda_{из}$ , Вт/(м·К)
1	1127	10	50	2	0,09
2	110	12	55	2,5	0,

	0				095
3	109 0	13	45	3,0	0, 100
4	105 0	14	65	3,2	0, 150
5	103 7	15	45	2,8	0, 180
6	100 8	9	60	2,4	0, 160
7	965	11	70	2,2	0, 170
8	945	12	45	2,6	0, 085
9	916	14	40	2,1	0, 075
10	900	8	50	2	0, 120

**Задача 4.** Определить количество теплоты, передаваемой через  $1\text{ м}^2$  ребристой стенки, коэффициент оребрения которой  $F_2/F_1$ . Стенка выполнена из материала с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  и толщиной стенки  $\delta_{cm}$ . Коэффициенты теплоотдачи от рабочего тела к стенке  $\alpha_1 = 250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  и  $\alpha_2 = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Температура рабочего тела  $t_1$ , а температура воздуха составляет  $t_2$ . Варианты задачи представлены в таблице 4.

Таблица 4

№ варианта	Материал стенки	$F_2/F_1$	$\delta_{cm}, \text{мм}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$
1	Сталь	12	12	117	12
2	Алюминий	10	17	110	10
3	Латунь	14	9,0	105	14
4	Чугун	18	9,5	100	8,0
5	Медь	12	16	95	14
6	Сталь	16	8,0	120	13
7	Алюминий	14	15	125	18
8	Латунь	12	14	110	16
9	Чугун	20	10	105	14
10	Медь	10	15	100	15

## Тема 6. Основы расчета рекуперативных теплообменников

**Задача 1.** Определить поверхность нагрева рекуперативного теплообменника при прямоточном и противоточном движении теплоносителей. Теплоносителем является газ с начальной температурой  $t'_1$  и конечной температурой  $t''_1$ . Необходимо нагреть  $V$ , [м<sup>3</sup>/ч] воздуха (объем при нормальных физических условиях) от температуры  $t'_2$  до конечной температуры  $t''_2$ . Принять коэффициент теплопередачи  $K$  равный 20, [Вт/(м<sup>2</sup>·К)], теплоемкость воздуха постоянная. Варианты задачи представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ варианта	$t'_1, ^\circ\text{C}$	$t''_1, ^\circ\text{C}$	$t'_2, ^\circ\text{C}$	$t''_2, ^\circ\text{C}$	$V$ , м <sup>3</sup> /ч
1	500	200	20	195	25
2	520	220	25	190	28
3	540	240	30	215	30
4	560	250	25	220	32
5	580	270	30	240	35
6	600	300	35	250	40
7	620	320	40	260	42
8	640	340	45	280	45
9	660	350	40	265	39
10	700	400	35	290	35

**Задача 2.** В прямоточном теплообменнике вода охлаждает жидкость. Расход воды  $M_1$  [кг/с] и ее начальная температура  $t'_1$ . Расход жидкости составляет  $M_2$  [кг/с] и ее начальная температура  $t'_2$ . Коэффициент теплопередачи  $K$  составляет 35 [Вт/(м<sup>2</sup>·К)] и поверхность теплообмена составляет 8 м<sup>2</sup>. Теплоемкость жидкости 3 [кДж/(кг·К)]. Найти конечные температуры воды и жидкости и количество переданной теплоты, если принять изменение температур теплоносителей линейным. Варианты задачи представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ варианта	$t'_1, ^\circ\text{C}$	$t'_2, ^\circ\text{C}$	$M_2$ , кг/с	$M_1$ , кг/с
1	15	120	0,05	0,25
2	20	125	0,06	0,24
3	24	130	0,07	0,23
4	18	125	0,04	0,22
5	20	130	0,05	0,26
6	24	135	0,07	0,28
7	22	140	0,08	0,29
8	30	145	0,09	0,30
9	28	140	0,06	0,31
10	32	135	0,10	0,33

**Задача 3.** Водовоздушный нагреватель выполнен из труб диаметром  $38 \times 3$  мм. Греющая среда – воздух с температурой на входе  $t'_1$  и на выходе  $t''_1$ . Нагреваемая вода имеет расход  $M$ , начальную температуру  $t'_2$ , и конечную температуру  $t''_2$ . Коэффициенты теплоотдачи от воздуха к трубам  $\alpha_1$  и от труб к воде  $\alpha_2$ . Найти площадь поверхности нагрева аппарата, если он выполнен по прямоточной и противоточной схемам. Учесть загрязнение поверхности труб с одной стороны накипью толщиной 0,5 мм. Нагреватель теряет в окружающую среду 5% теплоты, получаемой водой. Варианты задачи представлены в таблице 3.

Таблица 3

№ вар.	$t'_1, ^\circ\text{C}$	$t''_1, ^\circ\text{C}$	$t'_2, ^\circ\text{C}$	$t''_2, ^\circ\text{C}$	$M$ , т/ч	$\alpha_1$ , Вт/м <sup>2</sup> К	$\alpha_2$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К	Материал труб
1	350	250	30	200	2,0	30	2,0	Алюминий
2	380	200	40	150	2,5	40	2,5	Титан
3	400	300	50	120	2,9	55	3,0	Латунь
4	420	280	55	180	3,2	35	3,7	Медь
5	450	260	60	170	3,5	50	3,9	Сталь
6	270	200	65	150	4,0	35	4,0	Латунь
7	500	360	70	190	4,5	60	4,2	Титан
8	370	220	80	210	6,0	65	3,8	Алюминий
9	410	290	75	220	6,5	70	2,9	Сталь
10	440	270	85	200	7,0	55	4,0	медь

**Задача 4.** Трубчатый теплообменник смонтирован из 187 труб диаметром  $18 \times 2$  мм. Кожух выполнен из трубы диаметром  $424 \times 12$  мм. По межтрубному пространству вдоль труб проходит  $V$  азота под давлением  $P$  при средней температуре  $t_{cp}$ . Определить средний коэффициент теплоотдачи со стороны азота. Варианты задачи представлены в таблице 4.

Таблица 4

№ вар.	$P$ , МПа	$t_{cp}, ^\circ\text{C}$	$V$ , м <sup>3</sup> /ч
1	0,15	10	3000
2	0,14	9,0	2950
3	0,13	8,5	2900
4	0,16	9,0	2850
5	0,17	15	3050
6	0,13	8,5	2700
7	0,15	10	3100
8	0,14	11	2500
9	0,16	13	2600
10	0,17	12	2650

## Тема 7. Основы массообмена

**Задача 1.** В сушилке влажный материал должен потерять за час  $W$  кг влаги. Для сушки используется воздух с температурой  $t_1$  и относительной влажностью  $\varphi_1$ , который предварительно нагревается в калорифере. На выходе из сушилки параметры воздуха: температура  $t_2$ , относительная влажность  $\varphi_2$ . Найти расход влажного воздуха  $L$  на входе в калорифер, теплоту, затраченную на нагрев воздуха  $Q$ , и тепловой КПД  $\eta$  сушилки. Барометрическое давление 760 мм. рт. ст. Варианты задачи представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ вар.	$t_1, ^\circ\text{C}$	$\varphi_1, \%$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\varphi_2, \%$	$W, \text{кг/ч}$
1	10	70	50	60	70
2	9	70	50	60	68
3	8	65	55	50	64
4	11	65	55	50	62
5	12	55	45	45	60
6	14	55	45	45	72
7	16	50	30	40	74
8	13	50	30	40	71
9	15	45	35	35	69
10	18	45	35	35	75

**Задача 2.** Открытая поверхность воды площадью  $F$  обдувается воздухом со скоростью  $\omega$ . Определить количество влаги, испаряющейся за 1,5 ч, если температура воды  $t_w$ , температура воздуха -  $t_\theta$ , относительная влажность воздуха  $\varphi_\theta$ . Барометрическое давление воздуха 745 мм. рт. ст. Варианты задачи представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ вар.	$F, \text{м}^2$	$\omega, \text{м/с}$	$t_w, ^\circ\text{C}$	$t_\theta, ^\circ\text{C}$	$\varphi_\theta, \%$
1	2,4	1,50	35	22	50
2	2,6	1,40	32	21	55
3	2,3	1,35	34	22	45
4	2,5	1,45	30	20	50
5	2,2	1,60	37	19	40
6	2,1	1,55	35	24	55
7	2,7	1,65	40	25	45
8	2,5	1,45	41	23	60
9	2,8	1,80	34	22	55
10	2,4	1,90	35	15	45

**Задача 3.** Определить коэффициент массоотдачи  $\alpha_D$  в процессе высушивания влажного материала воздухом, под давлением 780 мм. рт. ст., движущимся со скоростью  $\omega$  над поверхностью испарения, длина которой  $l$ . Показания психрометра: температура сухого термометра -  $t_c$ , температура мокрого термо-

метра  $-t_m$ . Принять коэффициент диффузии  $D_0 = 21,6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$  при н.у. Варианты задачи представлены в таблице 3.

Таблица 3

№ вар.	$l, \text{ м}$	$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_m, ^\circ\text{C}$	$\omega, \text{ м/с}$
1	0,6	32	18	1,8
2	0,6	34	25	1,6
3	0,9	35	20	1,7
4	0,5	32	19	1,5
5	0,5	34	17	1,4
6	0,6	31	21	1,5
7	0,7	33	20	1,9
8	0,5	35	19	1,7
9	0,8	30	16	1,8
10	0,4	32	17	2,0

**Задача 4.** Рассчитать количество отведенной теплоты и выделившейся влаги при охлаждении  $L \text{ м}^3$  воздуха от  $t_1$  до  $t_2$ . Воздух находится под давлением 750 мм. рт. ст. с начальной относительной влажностью  $\varphi_1$ , конечная относительная влажность составляет  $\varphi_2$ . Сколько влаги осталось в воздухе после охлаждения? Варианты задачи представлены в таблице 4.

Таблица 4

№ вар.	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\varphi_1, \%$	$\varphi_2, \%$	$L, \text{ м}^3$
1	8	1	85	70	60000
2	9	0	80	75	55000
3	9	2	90	65	65000
4	10	3	95	75	55000
5	11	5	80	75	70000
6	10	2	85	70	75000
7	14	4	80	65	55000
8	13	3	90	75	50000
9	12	3	80	55	70000
10	9	1	85	65	60000

**Задача 5.**  $L_1$  наружного воздуха с температурой  $t_1$  и с начальной относительной влажностью  $\varphi_1$  смешивается в вентиляционной установке с  $L_2$  внутреннего воздуха с температурой сухого термометра  $t_c$  и с температурой мокрого термометра  $t_m$ . Рассчитать, а затем с помощью  $Id$  – диаграммы определить для смеси следующие параметры: энтальпию, температуру, относительную влажность и влагосодержание. Показания барометра  $1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Варианты задачи представлены в таблице 5.

Таблица 5

№ вар.	$L_1, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\varphi_1, \%$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$L_2, \text{ м}^3/\text{ч}$	$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_m, ^\circ\text{C}$
1	3000	75	10	7200	35	26
2	3500	70	15	6500	32	25
3	3200	65	12	6000	31	24

4	3000	55	9	5800	30	20
5	3100	75	11	7000	29	18
6	2800	70	13	7500	27	17
7	3300	80	16	7300	28	16
8	2900	65	9	8000	34	22
9	3000	70	10	7500	33	21
10	3100	55	12	6500	32	20

### Критерии оценки практических занятий

В 5 семестре обучающийся выполняет 7 индивидуальных задач. За решение которых он может получить от 14 до 20 баллов.

Практическая работа оценивается на **«отлично» от 18 до 20 баллов:** если из 7 задач по темам 1-7 (по 1 задаче по каждой теме) выполнены правильно 6 задач, а в одной имеются недочеты.

Практическая работа оценивается на **«хорошо» от 16 до 18 баллов:** если 5 задач выполнены правильно, а в двух задачах имеются недочеты.

Практическая работа оценивается на **«удовлетворительно» от 14 до 16 баллов:** если 4 задачи выполнены правильно, а в остальных задачах имеются недочеты, или допущена ошибка.

Практическая работа оценивается на **«неудовлетворительно»:** если правильно выполнено менее 4 задач, а в остальных допущены существенные ошибки.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет механический*

*Кафедра ПАХТ*

Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
Профиль «Энергообеспечение предприятий»

**Комплект экзаменационных вопросов  
по дисциплине Б1.О.23 «Тепло и массообмен»**

1. Три простейших вида переноса тепла.
2. Основные положения теории теплопроводности; стационарные и нестационарные температурные поля.
3. Основной закон теплопроводности (закон Фурье).
4. Дифференциальное уравнение теплопроводности твердого тела.
5. Коэффициент теплопроводности и его физический смысл.
6. Теплопроводность в плоской системе.

7. Теплопроводность в цилиндрической стенке.
8. Критический диаметр изоляции.
9. Передача теплоты через плоскую стенку.
10. Передача теплоты через цилиндрическую стенку.
11. Вопросы интенсификации теплопередачи.
12. Передача теплоты через ребристую стенку.
13. Передача теплоты через шаровую стенку.
14. Основы теории конвективного теплообмена.
15. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
16. Основы теории подобия.
17. Общий вид критерия уравнения и частные случаи.
18. Конвективный теплообмен при турбулентном движении жидкости в трубе.
19. Конвективный теплообмен при поперечном омывании одиночной трубы.
20. Конвективный теплообмен при поперечном омывании пучков труб.
21. Конвективный теплообмен при свободном движении среды.
22. Конвективный теплообмен при ламинарном движении жидкости в трубе.
23. Теплообмен при кипении жидкости.
24. Теплообмен при конденсации пара. Влияние различных факторов на теплообмен при конденсации.
25. Лучистый теплообмен. Тепловое излучение. Классификация излучения по длинам волн.
26. Основы теплообмена излучением. Поглощательная, отражательная и пропускательная способность тел.
27. Спектральная и интегральная излучательная способность АЧТ. Законы Планка и Вина.
28. Излучательная способность серого тела и понятие степени черноты.
29. Закон Стефана-Больцмана для АЧТ. Расчет излучения реальных тел.
30. Закон Кирхгофа. Связь между излучательной и поглощательной способностью тел.
31. Экраны. Излучение газов. Сложный теплообмен.
32. Понятие эффективного излучения. Лучистый теплообмен между двумя параллельными пластинами.
33. Типы теплообменных аппаратов.
34. Основные положения теплового расчета. Средний температурный напор.
35. Основные закономерности тепло- и массопереноса.
36. Числа подобия массопереноса.
37. Основные законы переноса массы вещества в телах.

**Критерии оценки знаний студентов на экзамене**

Оценка «**отлично**» за ответ на **вопрос** выставляется, если интервал баллов рейтинга студента  $12 \leq R < 14$  и студент:

- показал глубокие и всесторонние знания по вопросу билета в соответствии с учебной программой, основной и дополнительной литературой, требований к выполнению соответствующих физических законов ( $7 \leq R < 10$ );
- самостоятельно, логически стройно и последовательно излагает учебный материал, демонстрируя умение анализировать различные научные взгляды, аргументированно отстаивать собственную позицию ( $1,6 \leq R < 1,8$ );
- творчески связывает теоретические положения с практикой ( $1,6 \leq R < 1,8$ );
- обладает культурой речи ( $1,6 \leq R < 1,8$ ).

Оценка «**хорошо**» за ответ на **вопрос** выставляется, если интервал баллов рейтинга студента  $10 \leq R < 12$  и студент:

- показывает твердые и достаточно полные знания по вопросу билета в соответствии с учебной программой, уверенно ориентируется в основной литературе, знает требования к физическим законам ( $6,6 \leq R < 7,2$ );
- самостоятельно и последовательно излагает учебный материал, предпринимает попытки анализировать различные научные взгляды и обосновать собственную позицию, при этом допускает незначительные ошибки ( $1,3 \leq R < 1,6$ );
- умеет связывать теоретические положения с практической деятельностью ( $1,3 \leq R < 1,6$ );
- отличается развитой речью ( $1,3 \leq R < 1,6$ ).

Оценка «**удовлетворительно**» за ответ на **вопрос** выставляется, если интервал баллов рейтинга студента  $8 \leq R < 10$  и студент:

- показывает твердые знания по вопросу билета в соответствии с учебной программой, ориентируется лишь в некоторых литературных источниках, знает отдельные требования к физическим законам ( $4,0 \leq R < 5,3$ );
- учебный материал излагает репродуктивно, допуская некоторые ошибки ( $1 \leq R < 1,3$ );
- предпринимает попытки анализировать различные научные взгляды, обосновать собственную позицию по требованию преподавателя ( $1 \leq R < 1,3$ );
- с трудом умеет установить связь теоретических положений с практикой ( $1 \leq R < 1,3$ );
- речь не всегда логична и последовательна ( $1 \leq R < 1,3$ ).

Оценка «**неудовлетворительно**» за ответ на **вопрос** выставляется, если рейтинг студента  $R < 8$  баллов и студент:

- демонстрирует незнание основных положений вопроса билета ( $R < 4$ );
- не ориентируется в основных литературных источниках ( $R < 1$ );
- не знает требований к соответствующим физическим законам ( $R < 1$ );
- не в состоянии дать самостоятельный ответ на вопросы, обосновать собственную позицию ( $R < 1$ );
- не умеет устанавливать связь теоретических положений с практикой ( $R < 1$ );

- речь слабо развита и маловыразительна ( $R < 1$ ).

*Оценка знаний студентов на экзамене выставляется по результатам ответов на три вопроса билета:*

- «**отлично**», если интервал рейтинга за экзамен составляет  $32 \leq R < 40$ ;
- «**хорошо**», если интервал рейтинга за экзамен составляет  $28 \leq R < 32$ ;
- «**удовлетворительно**», если интервал рейтинга за экзамен составляет  $24 \leq R < 28$ ;
- «**неудовлетворительно**», если интервал рейтинга  $R < 24$  балла.

\

