

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  
**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Юнаков Л. П.  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	51	34	0	17	57	36	0	21	зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**24.03.05 Двигатели летательных аппаратов**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Ефремов Алексей Владимирович, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-1.1 — способность использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов энергетических установок авиационной и ракетно-космической техники

ПСК-1.4 — способность проводить анализ тепловых и газодинамических процессов с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-1.1**

*знания:*

Методы анализа и расчёта параметров процессов теплообмена, особенности расчёта теплопередачи при движении теплоносителя в каналах теплообменных аппаратов;

*умения:*

Решение математических моделей процессов теплопередачи, выделяя из них основные и второстепенные. Выявление характеристик, определяющих эффективность теплообменных аппаратов;

*навыки:*

Анализировать процессы теплообмена в теплообменных аппаратах.

### **ПСК-1.4**

*знания:*

Особенности расчёта теплообмена между теплоносителями в теплообменных аппаратах различных типов;

*умения:*

Рассчитывать теплообменные процессы в ТОА с учётом характеристик теплоносителей, в том числе с применением информационных технологий;

*навыки:*

Разрабатывать математические модели тепловых и гидравлических процессов, протекающих в теплообменных аппаратах;

Использовать принципы интенсификации теплообменных аппаратов энергетических устройств: оценкой их эффективности, анализом путей её повышения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.03.05 *Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕПЛОПЕРЕДАЧА, ТЕРМОДИНАМИКА, ГИДРАВЛИКА В АРКТ, ТЕОРИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН ВЫСОКОЭНТАЛЬПИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники
- ПСК-1.1 — Способен использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов энергетических установок авиационной и ракетно-космической техники
- ПСК-1.3 — Способен выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1.1	ПСК-1.4
4	7	Раздел 1. Устройство и принцип действия теплообменных аппаратов. Устройство теплообменных аппаратов. Процессы, протекающие при работе теплообменных аппаратов. Место теплообменных аппаратов в тепловой схеме объектов энергетики.	19	8	6	2	11	15	15
4	7	Раздел 2. Классификация промышленных теплообменных аппаратов. Устройство спиральных и пластинчатых теплообменных аппаратов. Устройство подогревателя сетевой воды. Устройство градирни. Устройство радиаторов отопления.	36	18	12	6	18	25	25
4	7	Раздел 3. Интенсификация теплообменных аппаратов. Повышение коэффициента теплоотдачи в ТОА. Оребрение рабочей поверхности ТОА.	19	9	6	3	10	20	20
4	7	Раздел 4. Основные положения проектного расчёта теплообменного аппарата. Тепловой расчёт ТОА. Гидромеханический расчёт ТОА. Совместный расчёт ТОА.	34	16	10	6	18	40	40
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Устройство и принцип действия теплообменных аппаратов.	Решение задач о теплопередаче через стенку	2
2	Раздел 2. Классификация промышленных теплообменных аппаратов.	Методика расчёта спиральных и пластинчатых теплообменных аппаратов	2
3		Методика расчёта подогревателя сетевой воды	1
4		Методика расчёта градирни	1
5		Методика расчёта радиатора отопления	2
6	Раздел 3. Интенсификация теплообменных аппаратов.	Способы повышения коэффициента теплопередачи в ТОА	3
7	Раздел 4. Основные положения проектного расчёта теплообменного аппарата.	Методика расчёта теплового баланса и температурного напора ТОА	2
8		Методика расчёта местных сопротивлений в каналах ТОА	2
9		Анализ результатов теплового и гидромеханического расчёта ТОА	2
Всего за 7 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Устройство и принцип действия теплообменных аппаратов.	Самостоятельное изучение теоретического материала (работа с лекционным материалом и литературой). Подготовка к практическим занятиям. Работа над курсовым проектированием. Подготовка к зачету по дисциплине.	11
2	Раздел 2. Классификация промышленных	Самостоятельное изучение теоретического материала (работа с лекционным материалом и литературой). Подготовка к практическим занятиям. Выполнение домашнего задания по	18

	теплообменных аппаратов.	разделу. Работа над курсовым проектированием. Подготовка к зачету по дисциплине.	
3	Раздел 3. Интенсификация теплообменных аппаратов.	Самостоятельное изучение теоретического материала (работа с лекционным материалом и литературой). Подготовка к практическим занятиям. Работа над курсовым проектированием. Подготовка к зачету по дисциплине.	10
4	Раздел 4. Основные положения проектного расчёта теплообменного аппарата.	Самостоятельное изучение теоретического материала (работа с лекционным материалом и литературой). Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к контрольной работе по разделу. Работа над курсовым проектированием. Подготовка к зачету по дисциплине.	18
<b>Всего за 7 семестр</b>			57

### 3.4. Курсовой проект

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Ознакомление с заданием на курсовое проектирование. Уточнение исходных данных для расчёта	1 - 3	6
Этап 2. Расчёт параметров теплообменного аппарата типа "труба в трубе"	4 - 7	8
Этап 3. Разработка математической модели расчёта теплообменного аппарата кожухотрубного типа. Проведение теплового и гидравлического расчётов	8 - 13	16
Этап 4. Оформление полученных результатов в виде пояснительной записки согласно требованиям. Объём записки - не менее 25 страниц.	14 - 15	4
Этап 5. Защита курсового проекта	16 - 17	2
<b>Всего за 7 семестр</b>		36

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7				ОС		ДР			ДЗ	ДР		ОС		Контр.Р.		ДР	КП, зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ОС – устный опрос студентов;
- ДЗ – домашнее задание;
- КП – курсовой проект;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- зач. – зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- устный опрос студентов;
- домашнее задание;
- курсовой проект;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Александров, А. М. Архаров, И. А. Архаров. . Теплотехника. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, 22 экз.
2. В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 122 экз.
3. В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 2 Газовые турбины. Теплообменные аппараты. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
4. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 84 экз.
5. Е. М. Герлиман, А. В. Ефремов, В. В. Сахин. . Проектный расчёт теплообменного аппарата. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022, 43 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Н. А. Брыков, Е. М. Герлиман, В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты. СПб.: НИЦ АРТ, 2020, 1 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Энергосбережение.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **24.03.05 Двигатели летательных аппаратов**. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.1 способность использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов энергетических установок авиационной и ракетно-космической техники;

ПСК-1.4 способность проводить анализ тепловых и газодинамических процессов с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией и методикой проектного расчёта различных типов промышленных теплообменных аппаратов. Особое внимание уделяется конструкциям разных типов ТОА и особенностям алгоритмов их тепловых и гидравлических расчётов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- устный опрос студентов;
- домашнее задание;
- курсовой проект;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Устройство и принцип действия теплообменных аппаратов.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала (работа с лекционным материалом и литературой). Подготовка к практическим занятиям. Работа над курсовым проектированием. Подготовка к зачету по дисциплине.	А. А. Александров, А. М. Архаров, И. А. Архаров. . Теплотехника: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (глава 2.5) Е. М. Герлиман, А. В. Ефремов, В. В. Сахин. . Проектный расчёт теплообменного аппарата: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (глава 1) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (главы 1-4)	11
Итого по разделу 1		11
<b>Раздел 2. Классификация промышленных теплообменных аппаратов.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала (работа с лекционным материалом и литературой). Подготовка к практическим занятиям. Выполнение домашнего задания по разделу. Работа над курсовым проектированием. Подготовка к зачету по дисциплине.	А. А. Александров, А. М. Архаров, И. А. Архаров. . Теплотехника: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (глава 2) В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 2 Газовые турбины. Теплообменные аппараты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (глава 7)	18
Итого по разделу 2		18
<b>Раздел 3. Интенсификация теплообменных аппаратов.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала (работа с лекционным материалом и литературой). Подготовка к практическим занятиям. Работа над курсовым проектированием. Подготовка к зачету по дисциплине.	Е. М. Герлиман, А. В. Ефремов, В. В. Сахин. . Проектный расчёт теплообменного аппарата: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (глава 5)	10
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. Основные положения проектного расчёта теплообменного аппарата.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала (работа с лекционным материалом и литературой). Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к контрольной работе по	В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (все главы) Е. М. Герлиман, А. В. Ефремов, В. В.	18

разделу. Работа над курсовым проектированием. Подготовка к зачету по дисциплине.	Сахин. . Проектный расчёт теплообменного аппарата: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (главы 2-4, 7) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (глава 5) Н. А. Брыков, Е. М. Герлиман, В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.: НИЦ АРТ, 2020 (все главы)	
Итого по разделу 4		18

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- устный опрос студентов;
- домашнее задание;
- курсовой проект;
- контрольная работа;
- зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Устный опрос студентов

Студенту задаются 3 вопроса по разделу дисциплины. Для успешной аттестации необходимо правильно ответить не менее, чем на 2 вопроса. Студент должен показать владение теоретической информацией, полученной на лекционных занятиях и в рамках самостоятельной работы; ответ должен быть содержательным и аргументированным.

Список вопросов для устного опроса приведен в УМК дисциплины.

#### Домашнее задание

Домашнее задание заключается в решении задачи об обеспеченности помещения радиаторами отопления.

Задание выполнено верно, если соблюдена методика расчёта, имеются ссылки на утверждённые стандарты и отсутствуют ошибки в вычислениях - отметка "сдано";

Во всех остальных случаях - отметка "не сдано".

Пример выполнения домашнего задания приведён в УМК дисциплины.

#### Курсовой проект

Курсовой проект направлен на тепловой и гидравлический расчёт теплообменного аппарата.

Необходимо выделить следующие критерии оценивания курсового проекта:

Грамотность изложения теоретического материала (20 баллов):

объём исследования литературных источников - 5 баллов;

полнота обзора состояния вопроса - 10 баллов;

логичность и последовательность в изложении - 5 баллов.

Правильность расчётной части работы (25 баллов):

результаты расчёта верны, правильно подобраны формулы и последовательность расчётов, отсутствуют вычислительные ошибки - 25 баллов;

правильно подобраны формулы и последовательность расчётов, присутствуют незначительные вычислительные ошибки - 17 баллов;

правильно подобраны только формулы, описывающие физические процессы; присутствуют грубые вычислительные ошибки, не позволяющие получить конечные результаты даже на уровне оценки параметров - 10 баллов;

во всех остальных случаях - 0 баллов.

Оформление пояснительной записки (10 баллов):

структурная упорядоченность материала - 5 баллов;

соответствие стандартам - 5 баллов.

Самостоятельность и своевременность (15 баллов):

работа выполнена преимущественно самостоятельно и инициативно - 5 баллов;

работа выполнена в срок - 10 баллов.

Уровень защиты результатов курсового проектирования (30 баллов):

задаётся 3 вопроса, каждый из которых оценивается в 10 баллов.

полный ответ на вопрос - 10 баллов;

неполный ответ или ответ с помощью дополнительных вопросов от преподавателя - 5 баллов;

нет ответа - 0 баллов.

Итоговая оценка за курсовой проект ставится в результате суммирования баллов за вышеперечисленные критерии:

85-100 баллов - отлично;

70-84 баллов - хорошо;

55-69 баллов - удовлетворительно;

менее 55 баллов - не защитил.

Примеры тем на курсовое проектирование приведены в УМК дисциплины.

### **Контрольная работа**

При выполнении контрольной работы необходимо ответить на 2 вопроса и решить 2 задачи.

Применяются следующие критерии оценивания:

Правильный ответ на вопрос - 2 балла.

Неполный ответ на вопрос - 1 балл.

Неправильный ответ на вопрос - 0 баллов.

Правильно решённая задача - 3 балла.

При решении задачи допущены незначительные вычислительные ошибки - 2 балла.

При решении задачи правильно подобраны только формулы, допущены грубые ошибки в ходе решения задачи - 1 балл.

Задача не решена - 0 баллов.

При суммировании результатов ответов на вопросы и решения задач выставляются следующие оценки за выполнение контрольной работы:

6-10 баллов - сдано;

менее 6 баллов - не сдано.

Примеры контрольных работ приведены в УМК дисциплины.

### **Зачет**

Для допуска к сдаче зачета необходимо выполнить все контрольные мероприятия, предусмотренные графиком контрольных мероприятий

Зачет проходит в форме собеседования, в ходе которого обучающемуся предлагается ответить на вопросы к зачету.

Применяется следующая оценка результатов:

- правильный ответ на оба вопроса - зачтено;

- правильный ответ на один вопрос + правильные ответы на дополнительные вопросы - зачтено;

- нет правильных ответов ни на один вопрос - не зачтено.

Перечень вопросов, выносимых на зачёт, приведён в УМК дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1.1	ПСК-1.4	
4	7	Раздел 1. Устройство и принцип действия теплообменных аппаратов.	19	8	6	2	11	15	15	Устный опрос студентов
4	7	Раздел 2. Классификация промышленных теплообменных аппаратов.	36	18	12	6	18	25	25	Домашнее задание
4	7	Раздел 3. Интенсификация теплообменных аппаратов.	19	9	6	3	10	20	20	Устный опрос студентов
4	7	Раздел 4. Основные положения проектного расчёта теплообменного аппарата.	34	16	10	6	18	40	40	Контрольная работа, Курсовой проект
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-1.1

*Вопросы открытого типа:*

- № 1 Какая величина характеризует соотношение термического сопротивления теплопроводности ребра, рассчитанного по его толщине, и термического сопротивления теплоотдачи с поверхности ребра во внешнюю среду?
- № 2 Как называется один из видов расчёта теплообменного аппарата, направленный на создание нового аппарата?
- № 3 Максимальный коэффициент теплоотдачи реализуется на \_\_\_\_\_ ряду труб вне зависимости от схемы пучка.
- № 4 Конечной целью гидравлического расчёта теплообменного аппарата является \_\_\_\_\_
- № 5 Теоретический предел охлаждения жидкости характеризуется \_\_\_\_\_
- № 6 Что вычисляют по формуле

$$K = \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_w} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1}$$

- № 7 Что вычисляют по формуле

$$w_1 = w_{\text{ж}} / \xi_c$$

- № 8 Что определяют по формуле

$$\xi_c = \frac{s_1 - d_1}{s_1}$$

- № 9 Что вычисляется по формуле

$$Q_c = (T - 13 - T_1) \cdot Q_0 \cdot 0,01742$$

- № 10 Какая величина вычисляется по формуле

$$\overline{\Delta t} = \frac{\Delta t_{\text{в}} - \Delta t_{\text{н}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{в}}}{\Delta t_{\text{н}}}} = \frac{\Delta t_{\text{в}} - \Delta t_{\text{н}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{в}}}{\Delta t_{\text{н}}}}$$

*Вопросы закрытого типа:*

- № 1 Основным уравнением, описывающим теплоотдачу, является:
- уравнение гипотезы Ньютона
  - уравнение Клапейрона
  - критерий Рейнольдса
  - уравнение среднелогарифмического температурного напора
- № 2 В каком диапазоне должно находиться отношение длины трубок к диаметру трубной доски ( $l/D_{\text{тр}}$ )?
- 0.75 ... 1.5
  - 3 ... 5
  - 1.5 ... 2.5
  - 0.25 ... 0.75
- № 3 Как выглядит формула определения коэффициента эффективности одиночного прямого ребра?
- $Er = thBi/Bi$
  - $Er = Bi/thBi$
  - $Er = thm/m$

- № 4 -  $E_p = m/thm$   
**Что такое показатель энергетической эффективности теплообменного аппарата?**
- это отношение мощности, затраченной на прокачку теплоносителей через аппарат, к потоку теплопередачи в ТОА
  - это отношение скорости прокачки теплоносителя к потерям на местные сопротивления
  - это отношение полезной площади теплообмена к массовому расходу теплоносителя
  - это отношение потока теплопередачи в ТОА к мощности, затраченной на прокачку теплоносителей через аппарат
- № 5 **Какой из нижеперечисленных способов крепления труб в трубных решётках считается самым удобным и распространённым?**
- сальниковые уплотнения
  - развальцовка
  - сварка
  - анкерирование
- № 6 **Показатель энергетической эффективности теплообменного аппарата должен быть в пределах:**
- 0,03...0,05
  - 0,3...0,5
  - 3...5
  - 30...50
- № 7 **У какого из перечисленных типов радиаторов наибольшее давление разрушения:**
- чугунный
  - стальной
  - биметаллический
  - анодированный алюминиевый
- № 8 **Лев Давидович Берман является родоначальником теоретических подходов к тепловому расчёту:**
- градиен
  - отопительных радиаторов
  - кожухотрубных теплообменных аппаратов
  - пластинчатых теплообменных аппаратов
- № 9 **Какому из нижеперечисленных типов градиен не присущи проблемы при работе в зимний период?**
- сухие градири
  - эжекционные градири
  - башенные градири
  - вентиляторные градири

№ 10

**Целью прямого теплового расчёта является определение:**

- поверхности теплообмена
- температурного напора
- тепловой производительности
- коэффициента теплопередачи

**ПСК-1.4**

*Вопросы открытого типа:*

- № 1 **Процесс переноса теплоты от греющего теплоносителя к нагреваемому через разделяющую их теплообменную поверхность – ...**
- № 2 **Каковы максимально допустимые температурные требования к промышленной оборотной воде (в летний период)?**
- № 3 **Каким термином обозначается нежелательный сброс тёплой воды из системы оборотного водоснабжения?**
- № 4 **Как называется специальный теплоноситель, являющийся рабочим телом в холодильных установках?**
- № 5 **Какие способы разбивки трубочек в трубном пучке Вам известны?**
- № 6 **Градирни строятся при атомных электростанциях при невозможности сооружения \_\_\_\_\_**
- № 7 **Наиболее важным узлом градирни является \_\_\_\_\_**
- № 8 **Что такое кратность охлаждения конденсатора пара?**
- № 9 **В записи размеров трубочек теплообменного аппарата (14x1,5) указывают**
- № 10 **Предприниматель Франц Карлович Сан-Галли в 1855 году изобрёл первый**

*Вопросы закрытого типа:*

- № 1 **Движущей силой теплообмена является разность:**
  - плотностей
  - температур
  - концентраций
  - давлений
- № 2 **Каким документом нормируется установка батарей отопления в помещении?**
  - режимными картами предприятия - источника теплоэнергии
  - строительными нормами и правилами (СНиП)
  - нормативными актами субъекта Российской Федерации
  - межгосударственными стандартами (ГОСТ)
- № 3 **Какому типу градирен характерен высокий капельный унос?**
  - сухие градирни
  - поперечноточные градирни
  - башенные градирни
  - эжекционные градирни
- № 4 **На какую температуру происходит охлаждение при обычных условиях в градирнях башенного типа?**
  - на 15-20 градусов
  - на 5-10 градусов
  - на 10-15 градусов

- № 5 - менее 5 градусов  
**Каким термином называется поперечное или продольное расстояние между трубками в ТОА?**
- шаг
  - разбивка
  - глубина
- № 6 - характерный размер  
**Что из нижеперечисленного не относится к методам интенсификации теплообмена?**
- оребрение
  - добавление в поток твёрдых частиц
  - турбулизация потока теплоносителя
- № 7 - все перечисленные варианты относятся к методам интенсификации  
**Теплообменные аппараты, выполненные из пучков труб, собранных при помощи трубных решёток и ограниченные кожухом, называются:**
- спиральные
  - пластинчатые
  - кожухотрубные
- № 8 - оросительные  
**Какой тип радиаторов принято считать самым современным?**
- чугунные
  - стальные
  - алюминиевые
  - биметаллические
- № 9 **У какого из нижеперечисленных материалов наибольший коэффициент теплопроводности?**
- алюминий
  - сталь
  - чугун
  - эмаль
- № 10 **Наличие накипи в теплообменном аппарате:**
- влечёт за собой увеличение необходимой рабочей поверхности аппарата
  - влечёт за собой уменьшение необходимой рабочей поверхности аппарата
  - никак не влияет на рабочую поверхность аппарата
  - конструкция современных теплообменных аппаратов исключает возможность образования накипи