

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Страхов С.Ю.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКЕ

Направление/специальность подготовки	12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии
Специализация/профиль/программа подготовки	Лазерная техника и лазерные технологии
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

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	
3	6	4	144	68	34	17	17	76	0	0	76	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

Киселев Игорь Алексеевич, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКЕ

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:

ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники

ПК-1.1 — Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем

ПК-1.3 — Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

- механизмов и законов переноса тепловой энергии;
- методов анализа процессов теплообмена;
- основ моделирования и методик расчета процессов теплообмена;

умения:

- использовать методы математического моделирования для описания процессов теплообмена;
- использовать методики расчета процессов теплообмена;
- использовать методики оценки основных параметров теплообменных аппаратов;
- рассчитывать тепловое состояние элементов конструкции при различных способах переноса

тепла;

навыки:

- расчета теплового состояния элементов конструкции при различных способах переноса тепла;
- оценки основных параметров теплообменных аппаратов.

ПК-1.1

знания:

- механизмов и законов переноса тепловой энергии;
- методов анализа процессов теплообмена;
- основ моделирования и методик расчета процессов теплообмена;

умения:

- использовать методы математического моделирования для описания процессов теплообмена;
- использовать методики расчета процессов теплообмена;
- использовать методики оценки основных параметров теплообменных аппаратов;
- рассчитывать тепловое состояние элементов конструкции при различных способах переноса

тепла;

навыки:

- расчета теплового состояния элементов конструкции при различных способах переноса тепла;
- оценки основных параметров теплообменных аппаратов.

ПК-1.3

знания:

- механизмов и законов переноса тепловой энергии;
- методов анализа процессов теплообмена;
- основ моделирования и методик расчета процессов теплообмена;

умения:

- использовать методы математического моделирования для описания процессов теплообмена;
- использовать методики расчета процессов теплообмена;
- использовать методики оценки основных параметров теплообменных аппаратов;
- рассчитывать тепловое состояние элементов конструкции при различных способах переноса

тепла;

навыки:

- расчета теплового состояния элементов конструкции при различных способах переноса тепла;
- оценки основных параметров теплообменных аппаратов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЛАЗЕРНЫЕ АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ И ЛАЗЕРНЫХ ПРИБОРОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники
- ОПК-3 — Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств лазерных исследований и измерений

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 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	Лабораторный практикум	Практические занятия		ОПК-1	ПК-1.1	ПК-1.3
3	6	Раздел 1. Принципы теплопередачи. Законы переноса тепла. 1.1. Способы переноса тепла 1.2. Теплопроводность. Плотность теплового потока. Закон теплопроводности Фурье. Механизмы теплопроводности. 1.3. Конвективный теплообмен. Формула Ньютона-Рихмана. Свободная и вынужденная конвекция. Коэффициент теплопроводности. 1.4. Радиационный теплообмен. Закон Стефана-Больцмана. 1.5. Понятие сложного теплообмена.	8	2	2	0	0	6	20	20	0
3	6	Раздел 2. Основные дифференциальные уравнения теплообмена. 2.1. Уравнение неразрывности. 2.2. Уравнение движения. 2.3. Уравнение энергии. 2.4. Краевые условия. Граничные условия 1, 2, 3 и 4 рода, начальные условия.	14	4	4	0	0	10	20	20	30
3	6	Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах. 3.1. Уравнение теплопроводности. Формы записи в различных системах координат. 3.2. Стационарная теплопроводность. Одномерное температурное поле в плоском, цилиндрическом и сферическом теле при граничных условиях первого и третьего рода в одно- и многослойных стенках. Теплопроводность при наличии объемного источника тепла. Теплопроводность при переменном коэффициенте теплопроводности. 3.3. Нестационарная теплопроводность. Общее решение нестационарного уравнения теплопроводности для пластины. Графическая иллюстрация нестационарного распределения температур в пластине.	41	20	8	6	6	21	20	20	30
3	6	Раздел 4. Конвективный теплообмен. 4.1. Уравнения конвективного теплообмена. 4.2. Метод Кармана приближенного решения уравнения пограничного слоя. Интегральное уравнение динамического пограничного слоя. Метод Польгаузена решения уравнений пограничного слоя. Интегральные характеристики пограничного слоя. Общая критериальная зависимость для расчета конвективного теплообмена. 4.3. Инженерные формулы для расчета конвективного теплообмена. 4.4. Теплообмен при высоких скоростях газового потока. Определяющая температура Эккерта.	50	27	14	7	6	23	20	20	20
3	6	Раздел 5. Радиационный теплообмен. 5.1. Основные определения. 5.2. Основные законы поглощения и излучения. Закон Планка. Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Модели абсолютно черного и серого тел. 5.3. Теплообмен излучением между твердыми телами. 5.4. Случай совместного конвективного и лучистого теплообмена. 5.5. Тепловое излучение газов.	31	15	6	4	5	16	20	20	20
Всего за 6 семестр			144	68	34	17	17	76	100	100	100
Всего по дисциплине			144	68	34	17	17	76	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах.	Решение задач стационарной теплопроводности в многослойных стенках	3
2		Решение задач нестационарной теплопроводности	3
3	Раздел 4. Конвективный теплообмен.	Решение задач конвективного теплообмена	3
4		Расчет теплообменного аппарата	3
5	Раздел 5. Радиационный теплообмен.	Решение задач лучистого теплообмена	5
Всего за 6 семестр			17

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов

1	Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах.	Решение задачи стационарной теплопроводности в SolidWorks Simulation	3
2		Решение задачи нестационарной теплопроводности в SolidWorks Simulation	3
3	Раздел 4. Конвективный теплообмен.	Решение задачи конвективного теплообмена в SolidWorks Flow Simulation	7
4	Раздел 5. Радиационный теплообмен.	Расчет системы охлаждения на базе элементов Пельтье	4
Всего за 6 семестр			17

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Принципы теплопередачи. Законы переноса тепла.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
2	Раздел 2. Основные дифференциальные уравнения теплообмена.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	10
3	Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	9
4		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Решение задачи стационарной теплопроводности в SolidWorks Simulation»	3
5		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Решение задачи нестационарной теплопроводности в SolidWorks Simulation»	3
6		Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	3
7		Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	3
8		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	11
9		Раздел 4. Конвективный теплообмен.	Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Решение задачи конвективного теплообмена в SolidWorks Flow Simulation»
10	Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы		4
11	Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы		4
12	Раздел 5. Радиационный теплообмен.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	8
13		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Расчет системы охлаждения на базе элементов Пельтье»	4
14		Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	4
Всего за 6 семестр			76

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
6	Тест	Тест	ДЗ	Отч. по ЛР	ДР	ДЗ	Отч. по ЛР	Тест, ДЗ	ДР	Отч. по ЛР	ДЗ	Тест	Отч. по ЛР	ДЗ	ДР	Вопр. Экз.	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;

- Тест – тест;
- ДЗ – домашнее задание;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- тест;
- домашнее задание;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов. . Сборник задач по теплопередаче. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 51 экз.
2. В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов. . Сборник задач по теплопередаче. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
3. В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. . Техническая термодинамика и теплопередача. М.: Юрайт, 2011, 34 экз.
4. В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 1980, 74 экз.
5. В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, 114 экз.
6. В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. . Теплопередача. М.: Энергоиздат, 1981, 19 экз.
7. И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 52 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Б. Н. Юдаев. . Теплопередача. М.: Высш. шк., 1981, 1 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

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 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. SolidWorks 2015 R5;
2. Mathcad Prime 3.1.

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:

1. Mathcad Prime 3.1.

6.3. Лабораторные занятия:

1. SolidWorks 2015 R5.

6.4. 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 **ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники;

ПК-1.1 Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем;

ПК-1.3 Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схмотехническом и элементном уровнях.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с расчетом температурных полей при различных типах теплообмена.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- тест;
- домашнее задание;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 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.
Раздел 1. Принципы теплопередачи. Законы переноса тепла.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (Глава 22.) В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Юрайт, 2011 (Раздел 2. Глава 1.) В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. . Теплопередача: М.: Энергоиздат, 1981 (Глава 1,4,15.) В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (Глава 1.)	6
Итого по разделу 1		6
Раздел 2. Основные дифференциальные уравнения теплообмена.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. . Теплопередача: М.: Энергоиздат, 1981 (Глава 4.) В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (Глава 22.) В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Юрайт, 2011 (Раздел 2. Глава 8.) В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (Глава 1,2.)	10
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (Глава 23, 24) В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов. . Сборник задач по теплопередаче: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (Глава 2, 3)	9
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Решение задачи стационарной теплопроводности в SolidWorks Simulation»	В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Юрайт, 2011 (Раздел 2.	3
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Решение задачи		3

нестационарной теплопроводности в SolidWorks Simulation»	Глава 3.) В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. . Теплопередача: М.: Энергоиздат, 1981 (Глава 2.)	
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (ЛР1, ЛР2)	3
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы		3
Итого по разделу 3		21
Раздел 4. Конвективный теплообмен.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (ЛР3.)	11
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Решение задачи конвективного теплообмена в SolidWorks Flow Simulation»	Б. Н. Юдаев. . Теплопередача: М.: Высш. шк., 1981 (Глава 24-29.) В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (Глава 26,27)	4
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Юрайт, 2011 (Глава 8.)	4
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов. . Сборник задач по теплопередаче: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (Глава 4.)	4
Итого по разделу 4		23
Раздел 5. Радиационный теплообмен.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. . Теплопередача: М.: Энергоиздат, 1981 (Глава 15-17.)	8
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Расчет системы охлаждения на базе элементов Пельтье»	В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (Глава 29.)	4
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов. . Сборник задач по теплопередаче: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (Глава 5.)	4
Итого по разделу 5		16

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к экзамену;
- тест;
- домашнее задание;
- отчет по ЛР;
- экзамен.

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.

Вопросы к экзамену

Перечень вопросов к экзамену представлен в УМК.

Тест

Тесты включают в себя 5 вопросов по материалам лекций. Время на выполнение теста - 3 минуты. Для получения зачета по тесту необходимо ответить правильно на четыре вопроса из пяти.

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=25714>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=27902>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=27903>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=30106>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=30476>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=30592>

Домашнее задание

Решения домашних заданий представляются в печатной или рукописной форме. Допускается выполнение расчетов «вручную» или использование систем автоматизации математических расчетов. Каждое задание содержит набор исходных данных в соответствии с темой индивидуального задания.

Критерии оценивания:

Домашнее задание считается выполненным успешно (принимается) при следующих условиях:

- правильное выполнение всех пунктов (задач), предусмотренных заданием;
- правильное оформление всех результатов в соответствии с требованиями государственных стандартов.

Отчет по ЛР

Отчеты по лабораторным работам представляются в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе, или рукописной форме. Допускается выполнение расчетов «вручную» или использование систем автоматизации математических расчетов. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов;
- отсутствия необходимого графического материала;
- некорректной обработки результатов.

Экзамен

К экзамену допускаются студенты, которые успешно сдали все домашние задания, предусмотренные рабочей программой, выполнили лабораторные работы и сдали отчеты, сдали все тесты.

Экзамен проводится в устной форме по билетам, выданным преподавателем. Студент должен подготовить, пользуясь конспектом, составленным по материалам курса, ответ на два вопроса.

Оценка «отлично» ставится, если ответ является полным и правильным. Материал изложен в определенной логической последовательности. При ответе на дополнительные вопросы студент показал

знание основных понятий и законов теории теплообмена.

Оценка «хорошо» ставится, если ответ является полным и правильным, при этом допущены несущественные ошибки, исправленные после наводящих вопросов преподавателя. При ответе на дополнительные вопросы студент демонстрирует понимание основного содержания учебного материала. Студент свободно ориентируется в материале, изложенном в конспекте.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент обнаруживает знание и понимание материала курса, но излагает материал неполно и допускает существенные ошибки в формулировке основных понятий и законов теории теплообмена. Ответ на дополнительные вопросы вызывает у экзаменуемого затруднения или содержит ошибки, которые он может исправить после наводящих вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если при ответе обнаружено непонимание основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые учащийся не может исправить при наводящих вопросах преподавателя.

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	Лабораторный практикум	Практические занятия		ОПК-1	ПК-1.1	ПК-1.3	
3	6	Раздел 1. Принципы теплопередачи. Законы переноса тепла.	8	2	2	0	0	6	20	20	0	Тест, Вопросы к экзамену
3	6	Раздел 2. Основные дифференциальные уравнения теплообмена.	14	4	4	0	0	10	20	20	30	Тест, Вопросы к экзамену
3	6	Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах.	41	20	8	6	6	21	20	20	30	Вопросы к экзамену, Отчет по ЛР, Домашнее задание, Тест
3	6	Раздел 4. Конвективный теплообмен.	50	27	14	7	6	23	20	20	20	Вопросы к экзамену, Отчет по ЛР, Домашнее задание, Тест
3	6	Раздел 5. Радиационный теплообмен.	31	15	6	4	5	16	20	20	20	Вопросы к экзамену, Домашнее задание, Тест
Всего за 6 семестр			144	68	34	17	17	76	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	17	17	76	100	100	100	

ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Какие действия можно предпринять для снижения рабочей температуры элемента прибора, охлаждаемого с помощью радиатора с обдувом вентилятором, при сохранении полного теплового потока.
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Какие материалы предпочтительнее использовать для изготовления радиаторов системы охлаждения теплонагруженных элементов приборов и почему.
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие определений
1. Мера кинетической энергии хаотического движения микрочастиц вещества.
 2. Сумма кинетических энергий хаотического движения микрочастиц вещества.
 3. Сумма кинетических энергий хаотического движения микрочастиц вещества, потенциальных энергий взаимодействия микрочастиц на всех уровнях, энергии химических связей и др.
- А. Внутренняя тепловая энергия.
- Б. Внутренняя энергия.
- В. Температура
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие определений
1. Значения температуры и координат точек пространства в каждый момент времени.
 2. Тепловой поток, приходящийся на единицу площади поверхности теплообмена.
 3. Количество теплоты, переданное через поверхность в единицу времени.
- А. Удельный тепловой поток.
- Б. Температурное поле.
- В. Тепловой поток.
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
Укажите последовательность решения сопряженной задачи теплообмена в SolidWorks Flow Simulation согласно дереву исследования
1. Задание параметров задачи (тип течения, физические параметры и др.).
 2. Задание твердого материала по умолчанию.
 3. Задание вида текучей среды.
 4. Задание критериев сходимости .
 5. Задание граничных условий.
 6. Получение решения.
 7. Построение эпюр результатов.
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Укажите последовательность решения задачи на конвективный теплообмен в несжимаемых потоках

1. Выбор формулы $Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^n$.
 2. Нахождение коэффициента теплоотдачи.
 3. Расчет удельного теплового потока по формуле Ньютона-Рихмана.
 4. Расчет чисел Re и Pr .
 5. Расчет теплофизических свойств потока при определяющей температуре.
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Уравнение теплопроводности является частным случаем уравнения
- Варианты ответа:
1. Уравнения энергии
 2. Уравнения неразрывности
 3. Уравнения движения
 4. Уравнения состояния
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Уравнение неразрывности является выражением закона
- Варианты ответа:
1. Сохранения массы
 2. Сохранения импульса
 3. Сохранения энергии
 4. Сохранения времени
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Уравнение движения является выражением закона
- Варианты ответа:
1. Сохранения массы
 2. Сохранения импульса
 3. Сохранения энергии
 4. Сохранения времени
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Что является краевым условием дифференциальных уравнений теплообмена
- Варианты ответа:
1. Химические параметры среды
 2. Геометрические параметры расчетной области
 3. Физические параметры среды
 4. Граничные и начальные условия
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Спектральная излучательная способность абсолютно черного тела зависит от

Варианты ответа:

1. Длины волны излучения
2. Теплоемкости тела
3. Температуры тела
4. Температуры окружающей среды.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Граничные условия для уравнения теплопроводности могут задаваться следующим образом:

1. Задается распределение температуры на границах области.
2. Задается распределение давления на границах области.
3. Задается плотность теплового потока на границах области.
4. На границах области задается закон изменения теплового потока .

ПК-1.1 - Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Каким образом можно обеспечить охлаждение тепловыделяющего прибора в герметичном корпусе работающего в открытом космосе на околоземной орбите.

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Каким образом можно снизить нагрев прибора работающего при воздействии солнечного излучения.

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Процесс распространение тепла от частицы к частице, при котором сами частицы не перемещаются.
2. Процесс распространение тепла, когда частицы тела меняют свое местоположение в пространстве и при этом выполняют роль носителей тепла.
3. Процесс распространение тепла посредством электромагнитного излучения.

А. Радиационный теплообмен.

Б. Теплопроводность.

В. Конвекция.

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Механизм теплопроводности в газах.
2. Механизм теплопроводности в капельных жидкостях.
3. Механизм теплопроводности в твердых телах.

А. Передача кинетической энергии молекулами при столкновениях и диффузии, осложненная взаимодействием силовых полей молекул.

Б. Передача кинетической энергии молекулами при столкновениях и диффузии.

В. Передача тепловой энергии посредством свободных электронов и колебаний кристаллической решетки.

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите материалы по мере возрастания их теплопроводности от меньшей к большей.

1. Медь.
2. Алюминий.
3. Воздух.
4. Вода.

5. Нержавеющая сталь.

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите процесс по мере возрастания коэффициента конвективной теплоотдачи от меньшего к большему.

1. Обтекание водой корпуса скоростного катера.
2. Свободная конвекция в воде.
3. Свободная конвекция в воздухе.
4. Обтекание воздухом спирали тепловентилятора.

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Процесс переноса тепла без переноса массы

Варианты ответа:

1. Теплопроводность.
2. Дросселирование.
3. Конвекция.
4. Излучение.

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В каком случае наблюдается процесс нестационарной теплопроводности с постоянными граничными условиями

Варианты ответа:

1. Процессы, происходящие в телах при изменяющемся тепловом воздействии из вне.
2. Процессы, происходящие в телах при переходе из некоторого начального теплового состояния в другое стационарное.
3. Процессы, происходящие в телах при стационарном тепловом состоянии.
4. Процессы, происходящие в телах при постоянном температурном поле в теле.

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В каком случае наблюдается процесс нестационарной теплопроводности с переменными граничными условиями

Варианты ответа:

1. Процессы, происходящие в телах при изменяющемся тепловом воздействии из вне.
2. Процессы, происходящие в телах при переходе из некоторого начального теплового состояния в другое стационарное.
3. Процессы, происходящие в телах при стационарном тепловом состоянии.
4. Процессы, происходящие в телах при постоянном температурном поле в теле.

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор

ответа

При увеличении температуры абсолютно черного тела максимум спектральной излучательной способности

Варианты ответа:

1. Смещается в сторону уменьшения длины волны.
2. Смещается в сторону увеличения длины волны.
3. Не изменяется.
4. Смещается в зависимости от материала тела.

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Теплофизические параметры вещества

Варианты ответа:

1. Удельная теплоемкость.
2. Плотность.
3. Теплопроводность.
4. Удельный объем.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Переменные в нестационарном уравнении теплопроводности

Варианты ответа:

1. Скорость.
2. Время.
3. Температура.
4. Давление.

ПК-1.3 - Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Факторы, влияющие на режим течения потока в канале

1. Шероховатость поверхности.
2. Условия входа в канал.
3. Время.
4. Вязкость текущей среды.

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Площадь поверхности радиатора системы охлаждения 0.1 м^2 , температура поверхности радиатора 50°C , степень черноты поверхности радиатора 0.8 . Температура окружающего воздуха 20°C . Определить полный тепловой поток от радиатора в окружающую среду за счет лучистого теплообмена. Постоянная Стефана-Больцмана $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2/\text{K}^4$ Ответ округлить до целого числа.

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Радиатор системы охлаждения прибора располагается на внешней стороне корпуса и отводит

тепло в окружающий воздух за счет свободной конвекции, при этом температура стенки радиатора $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура окружающего воздуха $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коэффициент конвективной теплоотдачи при свободной конвекции $10\text{ Вт/м}^2\text{/К}$. Какая будет температура стенки в $^{\circ}\text{C}$, если обдувать этот радиатор вентилятором, обеспечивая при этом коэффициент конвективной теплоотдачи $130\text{ Вт/м}^2\text{/К}$. Считать, что тепловой поток остается постоянным.

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Размерность удельного теплового потока.
2. Размерность коэффициента теплоотдачи.
3. Размерность теплового потока.

А. Вт

Б. Вт/К/м^2

В. Вт/м^2

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Размерность лучистого потока.
2. Размерность теплопроводности материала.
3. Размерность температуропроводности.

А. Вт/К/м

Б. Вт

В. $\text{м}^2/\text{с}$

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите материалы по мере возрастания их степени черноты от меньшей к большей.

1. Золото.
2. Полированный алюминий.
3. Сажа.
4. Окисленная сталь.

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите порядок расчета теплообмена между излучающим газом и стенками канала.

1. Определение толщины эффективной толщины слоя газа - l .
2. Определение парциальных давлений двух и более атомных газов - p_i .
3. Определение степени черноты смеси газов.
4. Определение поправок на повышенное давление степени черноты двух и более атомных газов по номограммам.
5. Определение степени черноты двух и более атомных газов по номограммам в зависимости от $p_i \cdot l$ для давления смеси 1 атм .
6. Определение удельного потока излучения по закону Стефана-Больцмана.

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Интегральная излучательная способность абсолютно черного тела зависит от

Варианты ответа:

1. Длины волны излучения и температуры тела
2. Длины волны излучения

3. Температуры тела

4. Длины волны излучения, температуры и теплоемкости тела

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Спектральный диапазон теплового излучения

Варианты ответа:

1. (0,1...100) мкм

2. (0,01...0,1) мкм

3. (0,1...1) мкм

4. (0,1...10) мкм

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Вид общей критериальной зависимости для расчета вынужденного конвективного теплообмена

Варианты ответа:

1. $Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^n$

2. $Nu = C \cdot Gr^m \cdot Pr^n$

3. $Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^n$

4. $Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^n$

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие переменные входят в безразмерное уравнение нестационарной теплопроводности для течения вдоль пластины

1. Число Фурье.

2. Число Рейнольдса.

3. Безразмерная температура.

4. Безразмерная координата.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие величины входят в закон Фурье

1. Теплопроводность.

2. Теплоемкость.

3. Удельный тепловой поток.

4. Градиент температуры.