

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_  
(подпись) Страхов С. Ю.  
ФИО  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКЕ

Направление/специальность подготовки	12.03.03 Фотоника и оптоинформатика
Специализация/профиль/программа подготовки	Оптоинформационные системы
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)

**12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**

год набора группы: 2024

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 Бореишо А.С., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Бореишо 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 — способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики
ПСК-2.1 — способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики
ПСК-2.3 — способность к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схмотехническом 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 состояние элементов конструкции при различных способах переноса тепла;
- оценки основных параметров теплообменных аппаратов.

### **ПСК-2.1**

*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 состояние элементов конструкции при различных способах переноса тепла;
- оценки основных параметров теплообменных аппаратов.

### **ПСК-2.3**

*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 состояние 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 *12.03.03 Фотоника и оптоинформатика*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **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 фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики
- ОПК-3 — Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики измерений в системах и устройствах фотоники и оптоинформатики

### 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	ПСК-2.1	ПСК-2.3
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	20
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	30
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
<b>Всего за 6 семестр</b>			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
<b>Всего за 6 семестр</b>			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	Раздел 4. Конвективный теплообмен.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	11

9		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Решение задачи конвективного теплообмена в SolidWorks Flow Simulation»	4
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
<b>6</b>	Тест	Тест	ДЗ	Отч. по ЛР	ДР	ДЗ	Отч. по ЛР	Тест	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> — 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»;
3. <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:

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 *12.03.03 Фотоника и оптоинформатика*. 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 способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики;

ПСК-2.1 способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики;

ПСК-2.3 способность к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом 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.
<b>Раздел 1. Принципы теплопередачи. Законы переноса тепла.</b>		
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
<b>Раздел 2. Основные дифференциальные уравнения теплообмена.</b>		
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. 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.) В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (Глава 22.)	10
Итого по разделу 2		10
<b>Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах.</b>		
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)	9
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Решение задачи стационарной теплопроводности в SolidWorks Simulation»	В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов. . Сборник задач по теплопередаче: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (Глава 2, 3)	3
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Решение задачи нестационарной теплопроводности в SolidWorks Simulation»	В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Юрайт, 2011 (Раздел 2. Глава 3.)	3
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. . Теплопередача: М.: Энергоиздат, 1981 (Глава 2.)	3
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
Итого по разделу 3		21
<b>Раздел 4. Конвективный теплообмен.</b>		
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.) Б. Н. Юдаев. . Теплопередача: М.: Высш. шк., 1981 (Глава 24-29.)	11
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Решение задачи конвективного теплообмена в SolidWorks Flow Simulation»	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
<b>Раздел 5. Радиационный теплообмен.</b>		
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.

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	ПСК-2.1	ПСК-2.3	
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	20	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	30	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

Вопросы открытого типа:

№ 1

Распределение температуры в плоской стенке в данный момент времени имеет зависимость вида  $T(x) = 10 \cdot e^x + 300$ . Начало координат располагается на внутренней стороне стенки. Толщина стенки 10 мм, теплопроводность материала стенки 200 Вт/м/К. Определить плотность теплового потока на внешней стороне стенки. В ответ записать модуль теплового потока в Вт/м<sup>2</sup>, округленный до целого числа.

№ 2

Распределение температуры в плоской стенке в данный момент времени имеет зависимость вида  $T(x) = 20 \cdot e^x + 300$ . Начало координат располагается на внутренней стороне стенки. Толщина стенки 10 мм, теплопроводность материала стенки 200 Вт/м/К. Определить плотность теплового потока на внешней стороне стенки. В ответ записать модуль теплового потока в Вт/м<sup>2</sup>, округленный до целого числа.

№ 3

Распределение температуры в плоской стенке в данный момент времени имеет зависимость вида  $T(x) = 30 \cdot e^x + 300$ . Начало координат располагается на внутренней стороне стенки. Толщина стенки 10 мм, теплопроводность материала стенки 200 Вт/м/К. Определить плотность теплового потока на внешней стороне стенки. В ответ записать модуль теплового потока в Вт/м<sup>2</sup>, округленный до целого числа.

№ 4

Распределение температуры в плоской стенке в данный момент времени имеет зависимость вида  $T(x) = 40 \cdot e^x + 300$ . Начало координат располагается на внутренней стороне стенки. Толщина стенки 10 мм, теплопроводность материала стенки 200 Вт/м/К. Определить плотность теплового потока на внешней стороне стенки. В ответ записать модуль теплового потока в Вт/м<sup>2</sup>, округленный до целого числа.

№ 5

Распределение температуры в плоской стенке в данный момент времени имеет зависимость вида  $T(x) = 50 \cdot e^x + 300$ . Начало координат располагается на внутренней стороне стенки. Толщина стенки 10 мм, теплопроводность материала стенки 200 Вт/м/К. Определить плотность теплового потока на внешней стороне стенки. В ответ записать модуль теплового потока в Вт/м<sup>2</sup>, округленный до целого числа.

№ 6

Распределение температуры в плоской стенке в данный момент времени имеет зависимость вида  $T(x) = 60 \cdot e^x + 300$ . Начало координат располагается на внутренней стороне стенки. Толщина стенки 10 мм, теплопроводность материала стенки 200 Вт/м/К. Определить плотность теплового потока на внешней стороне стенки. В ответ записать модуль теплового потока в Вт/м<sup>2</sup>, округленный до целого числа.

№ 7

Распределение температуры в плоской стенке в данный момент времени имеет зависимость вида  $T(x) = 70 \cdot e^x + 300$ . Начало координат располагается на внутренней стороне стенки. Толщина стенки 10 мм, теплопроводность материала стенки 200 Вт/м/К. Определить плотность теплового потока на внешней стороне стенки. В ответ записать модуль теплового потока в Вт/м<sup>2</sup>, округленный до целого числа.

№ 8

Распределение температуры в плоской стенке в данный момент времени имеет зависимость вида  $T(x) = 80 \cdot e^x + 300$ . Начало координат располагается на внутренней стороне стенки. Толщина стенки 10 мм, теплопроводность материала стенки 200 Вт/м/К. Определить плотность теплового потока на внешней стороне стенки. В ответ записать модуль теплового потока в Вт/м<sup>2</sup>, округленный до целого числа.

№ 9 Дайте определение процесса теплопроводности

№ 10 Дайте определение процесса конвективного теплообмена

*Вопросы закрытого типа:*

№ 1 Какова размерность удельного теплового потока

*Варианты ответа:*

[Вт/м<sup>2</sup>]

[Дж]

[Вт]

[Вт/м<sup>3</sup>]

№ 2 Процессы переноса тепла без переноса массы это

*Варианты ответа:*

Теплопроводность, излучение

Теплопроводность, конвекция

Конвекция, излучение

Конвекция, излучение, теплопроводность

№ 3 Что такое температура

*Варианты ответа:*

Мера кинетической энергии хаотического движения микрочастиц вещества

Мера потенциальной энергии микрочастиц вещества

Мера химической энергии микрочастиц вещества

Мера гравитационной энергии микрочастиц вещества

№ 4 Температурное поле это

*Варианты ответа:*

Значения температуры и координат точек пространства в каждый момент времени

Поле точек пространства с заданной температурой в каждый момент времени

Значения температуры и координат точек пространства

Поле точек пространства с заданной температурой

№ 5 Уравнение теплопроводности является частным случаем уравнения

*Варианты ответа:*

Уравнения энергии

Уравнения неразрывности

Уравнения движения

Уравнения состояния

№ 6 Что является краевым условием дифференциальных уравнений теплообмена

*Варианты ответа:*

Химические параметры среды

Геометрические параметры расчетной области

Физические параметры среды

Граничные и начальные условия

№ 7 Уравнение неразрывности является выражением закона

*Варианты ответа:*

Сохранения массы

Сохранения импульса



Сохранения энергии

Сохранения времени

№ 8 Уравнение движения является выражением закона

*Варианты ответа:*

Сохранения массы

Сохранения импульса

Сохранения энергии

Сохранения времени

№ 9

Распределение температуры в плоской стенке в данный момент времени имеет зависимость вида  $T(x) = 90 \cdot e^x + 300$ . Начало координат располагается на внутренней стороне стенки. Толщина стенки 10 мм, теплопроводность материала стенки 200 Вт/м/К. Определить плотность теплового потока на внешней стороне стенки. В ответ записать модуль теплового потока в Вт/м<sup>2</sup>, округленный до целого числа.

*Варианты ответа:*

14141

16161

18181

20201

№ 10

Распределение температуры в плоской стенке в данный момент времени имеет зависимость вида  $T(x) = 100 \cdot e^x + 300$ . Начало координат располагается на внутренней стороне стенки. Толщина стенки 10 мм, теплопроводность материала стенки 200 Вт/м/К. Определить плотность теплового потока на внешней стороне стенки. В ответ записать модуль теплового потока в Вт/м<sup>2</sup>, округленный до целого числа.

*Варианты ответа:*

14141

16161

18181

20201

#### ПСК-2.1

*Вопросы открытого типа:*

- № 1 Площадь поверхности радиатора системы охлаждения 0.1м<sup>2</sup>, 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  $5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>/К<sup>4</sup> Ответ округлить до целого числа.
- № 2 Площадь поверхности радиатора системы охлаждения 0.1м<sup>2</sup>, температура поверхности радиатора 52°C, степень черноты поверхности радиатора 0.82. Температура окружающего воздуха 20 °C. Определить полный тепловой поток в Вт от радиатора в окружающую среду за счет лучистого теплообмена. Постоянная Стефана-Больцмана  $5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>/К<sup>4</sup> Ответ округлить до целого числа.
- № 3 Площадь поверхности радиатора системы охлаждения 0.1м<sup>2</sup>, температура поверхности радиатора 54°C, степень черноты поверхности радиатора 0.84. Температура окружающего воздуха 20 °C. Определить полный тепловой поток в Вт от радиатора в окружающую среду за счет лучистого теплообмена. Постоянная Стефана-Больцмана  $5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>/К<sup>4</sup> Ответ округлить до целого числа.
- № 4 Площадь поверхности радиатора системы охлаждения 0.1м<sup>2</sup>, температура поверхности радиатора 56°C, степень черноты поверхности радиатора 0.86. Температура окружающего воздуха 20 °C. Определить полный тепловой поток в Вт от радиатора в окружающую среду за счет лучистого теплообмена. Постоянная Стефана-Больцмана  $5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>/К<sup>4</sup> Ответ округлить до целого числа.
- № 5 Площадь поверхности радиатора системы охлаждения 0.1м<sup>2</sup>, температура поверхности радиатора 58°C, степень черноты поверхности радиатора 0.88. Температура окружающего воздуха 20 °C. Определить полный тепловой поток в Вт от радиатора в окружающую среду за счет лучистого теплообмена. Постоянная Стефана-Больцмана  $5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>/К<sup>4</sup> Ответ округлить до целого числа.
- № 6 Площадь поверхности радиатора системы охлаждения 0.1м<sup>2</sup>, температура поверхности радиатора 60°C, степень черноты поверхности радиатора 0.9. Температура окружающего воздуха 20 °C. Определить полный тепловой поток в Вт от радиатора в окружающую среду за счет лучистого теплообмена. Постоянная Стефана-Больцмана  $5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>/К<sup>4</sup> Ответ округлить до целого числа.
- № 7 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 °C. Температура окружающего воздуха 20 °C. Коэффициент конвективной теплоотдачи при свободной конвекции 10 Вт/м<sup>2</sup>/К. Какая будет температура стенки в °C, если обдувать этот радиатор вентилятором, обеспечивая при этом коэффициент конвективной теплоотдачи 130 Вт/м<sup>2</sup>/К. Считать, что полный тепловой поток остается постоянным.

- № 8 Радиатор системы охлаждения прибора располагается на внешней стороне корпуса и отводит тепло в окружающий воздух за счет свободной конвекции, при этом температура стенки радиатора 48 °С. Температура окружающего воздуха 21 °С. Коэффициент конвективной теплоотдачи при свободной конвекции 10 Вт/м<sup>2</sup>/К. Какая будет температура стенки в °С, если обдувать этот радиатор вентилятором, обеспечивая при этом коэффициент конвективной теплоотдачи 130 Вт/м<sup>2</sup>/К. Считать, что полный тепловой поток остается постоянным.
- № 9 Каким образом можно снизить нагрев прибора работающего при воздействии солнечного излучения.
- № 10 Каким образом можно обеспечить охлаждение тепловыделяющего прибора в герметичном корпусе работающего в открытом космосе на околоземной орбите.
- Вопросы закрытого типа:*

№ 1

**Вид общей критериальной зависимости для расчета вынужденного конвективного теплообмена**

*Варианты ответа:*

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

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

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

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

№ 2 Спектральный диапазон теплового излучения

*Варианты ответа:*

(0,1...100) мкм

(0,01...0,1) мкм

(0,1...1) мкм

(0,1...10) мкм

№ 3 Спектральная излучательная способность абсолютно черного тела зависит от

*Варианты ответа:*

Длины волны излучения

Длины волны излучения

Температуры тела

Длины волны излучения, температуры и теплоемкости тела

№ 4 Интегральная излучательная способность абсолютно черного тела зависит от

*Варианты ответа:*

Длины волны излучения и температуры тела

Длины волны излучения

Температуры тела

Длины волны излучения, температуры и теплоемкости тела

№ 5 При увеличении температуры абсолютно черного тела максимум спектральной излучательной способности

*Варианты ответа:*

Смещается в сторону уменьшения длины волны

Смещается в сторону увеличения длины волны

Не изменяется

Изменяется в зависимости от материала тела

№ 6 При увеличении температуры абсолютно черного тела максимум спектральной излучательной способности

*Варианты ответа:*

Смещается в сторону уменьшения длины волны

Смещается в сторону увеличения длины волны

Не изменяется

Изменяется в зависимости от материала тела

№ 7 Радиатор системы охлаждения прибора располагается на внешней стороне корпуса и отводит тепло в окружающий воздух за счет свободной конвекции, при этом температура стенки радиатора 40 °С. Температура окружающего воздуха 26 °С. Коэффициент конвективной теплоотдачи при свободной конвекции 10 Вт/м<sup>2</sup>/К. Какая будет температура стенки в °С, если обдувать этот радиатор вентилятором, обеспечивая при этом коэффициент конвективной теплоотдачи 90 Вт/м<sup>2</sup>/К. Считать, что полный тепловой поток остается постоянным.

*Варианты ответа:*

24

25

26

28

- № 8 Радиатор системы охлаждения прибора располагается на внешней стороне корпуса и отводит тепло в окружающий воздух за счет свободной конвекции, при этом температура стенки радиатора  $46^{\circ}\text{C}$ . Температура окружающего воздуха  $22^{\circ}\text{C}$ . 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  $110 \text{ Вт/м}^2/\text{К}$ . Считать, что полный тепловой поток остается постоянным.

Варианты ответа:

24

25

26

28

- № 9 Радиатор системы охлаждения прибора располагается на внешней стороне корпуса и отводит тепло в окружающий воздух за счет свободной конвекции, при этом температура стенки радиатора  $44^{\circ}\text{C}$ . Температура окружающего воздуха  $23^{\circ}\text{C}$ . 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  $110 \text{ Вт/м}^2/\text{К}$ . Считать, что полный тепловой поток остается постоянным.

Варианты ответа:

24

25

26

28

- № 10 Радиатор системы охлаждения прибора располагается на внешней стороне корпуса и отводит тепло в окружающий воздух за счет свободной конвекции, при этом температура стенки радиатора  $42^{\circ}\text{C}$ . Температура окружающего воздуха  $24^{\circ}\text{C}$ . 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  $90 \text{ Вт/м}^2/\text{К}$ . Считать, что полный тепловой поток остается постоянным.

Варианты ответа:

24

25

26

28

### ПСК-2.3

*Вопросы открытого типа:*

- № 1 Какие материалы предпочтительнее использовать для изготовления радиаторов системы охлаждения теплогрузящих элементов приборов и почему.
- № 2 Какие действия можно предпринять для снижения рабочей температуры элемента прибора, охлаждаемого с помощью радиатора с обдувом вентилятором, при сохранении полного теплового потока.

№ 3

Удельный тепловой поток через плоскую стенку корпуса прибора равен  $30 \text{ кВт/м}^2$  при стационарном процессе теплообмена. Температура горячей поверхности стенки  $60^{\circ}\text{C}$ . Определить температуру холодной поверхности стенки в  $^{\circ}\text{C}$ , если толщина стенки  $5 \text{ мм}$ , а теплопроводность материала стенки  $200 \text{ Вт/м/К}$ . Ответ округлить до целого числа.

№ 4

Удельный тепловой поток через плоскую стенку корпуса прибора равен  $30 \text{ кВт/м}^2$  при стационарном процессе теплообмена. Температура горячей поверхности стенки  $61^{\circ}\text{C}$ . Определить температуру холодной поверхности стенки в  $^{\circ}\text{C}$ , если толщина стенки  $6 \text{ мм}$ , а теплопроводность материала стенки  $200 \text{ Вт/м/К}$ . Ответ округлить до целого числа.

№ 5

Удельный тепловой поток через плоскую стенку корпуса прибора равен  $20 \text{ кВт/м}^2$  при стационарном процессе теплообмена. Температура горячей поверхности стенки  $62^{\circ}\text{C}$ . Определить температуру холодной поверхности стенки в  $^{\circ}\text{C}$ , если толщина стенки  $7 \text{ мм}$ , а теплопроводность материала стенки  $200 \text{ Вт/м/К}$ . Ответ округлить до целого числа.

№ 6

Удельный тепловой поток через плоскую стенку корпуса прибора равен  $20 \text{ кВт/м}^2$  при стационарном процессе теплообмена. Температура горячей поверхности стенки  $63^\circ\text{C}$ . Определить температуру холодной поверхности стенки в  $^\circ\text{C}$ , если толщина стенки  $8 \text{ мм}$ , а теплопроводность материала стенки  $200 \text{ Вт/м/К}$ . Ответ округлить до целого числа.

№ 7

Удельный тепловой поток через плоскую стенку корпуса прибора равен  $10 \text{ кВт/м}^2$  при стационарном процессе теплообмена. Температура горячей поверхности стенки  $64^\circ\text{C}$ . Определить температуру холодной поверхности стенки в  $^\circ\text{C}$ , если толщина стенки  $9 \text{ мм}$ , а теплопроводность материала стенки  $200 \text{ Вт/м/К}$ . Ответ округлить до целого числа.

№ 8

Удельный тепловой поток через плоскую стенку корпуса прибора равен  $10 \text{ кВт/м}^2$  при стационарном процессе теплообмена. Температура горячей поверхности стенки  $66^\circ\text{C}$ . Определить температуру холодной поверхности стенки в  $^\circ\text{C}$ , если толщина стенки  $10 \text{ мм}$ , а теплопроводность материала стенки  $200 \text{ Вт/м/К}$ . Ответ округлить до целого числа.

№ 9

Площадь поверхности радиатора системы охлаждения прибора  $0.01 \text{ м}^2$ . Температура поверхности радиатора  $50^\circ\text{C}$ . Температура воздуха в помещении  $20^\circ\text{C}$ . Коэффициент конвективной теплоотдачи  $120 \text{ Вт/м}^2/\text{К}$ . Определить полный тепловой поток от радиатора в окружающий воздух в Вт. Ответ округлить до целого числа.

№ 10

Площадь поверхности радиатора системы охлаждения прибора  $0.01 \text{ м}^2$ . Температура поверхности радиатора  $51^\circ\text{C}$ . Температура воздуха в помещении  $20^\circ\text{C}$ . Коэффициент конвективной теплоотдачи  $120 \text{ Вт/м}^2/\text{К}$ . Определить полный тепловой поток от радиатора в окружающий воздух в Вт. Ответ округлить до целого числа.

*Вопросы закрытого типа:*

№ 1 Тепловой поток при радиационном теплообмене

*Варианты ответа:*

Прямо пропорционален четвертой степени температуры излучающей среды

Прямо пропорционален температуре излучающей среды в кубе

Прямо пропорционален температуре излучающей среды в квадрате

Обратно пропорционален температуре излучающей среды в четвертой степени

№ 2 Граничные условия первого рода для уравнения теплопроводности

*Варианты ответа:*

Задается распределение температуры на границах области

Задание равенства температур и тепловых потоков на границе раздела двух тел, находящихся в тепловом контакте

Задается плотность теплового потока на границах области

На границах области задается закон изменения теплового потока в зависимости от разности температур стенки и среды

№ 3 Граничные условия второго рода для уравнения теплопроводности

*Варианты ответа:*

Задается распределение температуры на границах области

Задание равенства температур и тепловых потоков на границе раздела двух тел, находящихся в тепловом контакте

Задается плотность теплового потока на границах области

На границах области задается закон изменения теплового потока в зависимости от разности температур стенки и среды

№ 4 Граничные условия третьего рода для уравнения теплопроводности

*Варианты ответа:*

Задается распределение температуры на границах области

Задание равенства температур и тепловых потоков на границе раздела двух тел, находящихся в тепловом контакте

Задаётся плотность теплового потока на границах области

На границах области задаётся закон изменения теплового потока в зависимости от разности температур стенки и среды

№ 5 Граничные условия четвертого рода для уравнения теплопроводности

*Варианты ответа:*

Задаётся распределение температуры на границах области

Задание равенства температур и тепловых потоков на границе раздела двух тел, находящихся в тепловом контакте

Задаётся плотность теплового потока на границах области

На границах области задаётся закон изменения теплового потока в зависимости от разности температур стенки и среды

№ 6 В каком случае наблюдается процесс нестационарной теплопроводности с переменными граничными условиями

*Варианты ответа:*

Процессы, происходящие в телах при изменяющемся тепловом воздействии извне

Процессы, происходящие в телах при переходе из некоторого начального теплового состояния в другое стационарное

Процессы, происходящие в телах при стационарном тепловом состоянии

Процессы, происходящие в телах при постоянном температурном поле в теле

№ 7 Площадь поверхности радиатора системы охлаждения прибора 0.01м<sup>2</sup>. Температура поверхности радиатора 52 °С. Температура воздуха в помещении 20 °С. Коэффициент конвективной теплоотдачи 130 Вт/м<sup>2</sup>/К. Определить полный тепловой поток от радиатора в окружающий воздух в Вт. Ответ округлить до целого числа.

*Варианты ответа:*

42

43

48

49

№ 8 Площадь поверхности радиатора системы охлаждения прибора 0.01м<sup>2</sup>. Температура поверхности радиатора 53 °С. Температура воздуха в помещении 20 °С. Коэффициент конвективной теплоотдачи 130 Вт/м<sup>2</sup>/К. Определить полный тепловой поток от радиатора в окружающий воздух в Вт. Ответ округлить до целого числа.

*Варианты ответа:*

42

43

48

49

№ 9 Площадь поверхности радиатора системы охлаждения прибора 0.01м<sup>2</sup>. Температура поверхности радиатора 54 °С. Температура воздуха в помещении 20 °С. Коэффициент конвективной теплоотдачи 140 Вт/м<sup>2</sup>/К. Определить полный тепловой поток от радиатора в окружающий воздух в Вт. Ответ округлить до целого числа.

*Варианты ответа:*

42

43

48

49

№ 10 Площадь поверхности радиатора системы охлаждения прибора 0.01м<sup>2</sup>. Температура поверхности радиатора 55 °С. Температура воздуха в помещении 20 °С. Коэффициент конвективной теплоотдачи 140 Вт/м<sup>2</sup>/К. Определить полный тепловой поток от радиатора в окружающий воздух в Вт. Ответ округлить до целого числа.

*Варианты ответа:*

42

43

48

49