

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ИЗДЕЛИЯХ РКТ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Космические летательные аппараты и разгонные блоки
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Кафедра-разработчик рабочей программы	АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

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	5	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ \_\_\_\_\_

Бабук Валерий Александрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ИЗДЕЛИЯХ РКТ**

### **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:

ПК-2.3 — Способен осуществлять техническое сопровождение отработки систем обеспечения теплового режима изделий РКТ

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-2.3**

*знания:*

на уровне представлений: принципы различных видов теплообмена

на уровне воспроизведения: математический аппарат определения интенсивности теплообмена и параметров температурных полей

на уровне понимания: основные законы переноса тепла;

*умения:*

теоретические: использовать математический аппарат теплопередачи для описания процессов переноса теплоты

практические: определять интенсивность теплообмена и параметры температурных полей;

*навыки:*

оценки интенсивности теплообмена в изделиях ракетно-космической техники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ИЗДЕЛИЯХ РКТ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **АГРЕГАТЫ И УСТРОЙСТВА СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА, ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ, МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**.

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

### 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	Практические занятия		ПК-2.3
3	5	<b>Раздел 1. Основные понятия.</b> 1.1. Виды теплообмена. 1.2. Тепловой поток и плотность теплового потока.	1	1	1	0	0	5
3	5	<b>Раздел 2. Теплопроводность.</b> 2.1. Теплопроводность. Закон теплопроводности Фурье. 2.2. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.	29	12	4	8	17	25
3	5	<b>Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах.</b> 3.1. Стационарная теплопроводность. 3.2. Нестационарная теплопроводность. Метод обобщенных переменных. 3.3. Методы решения дифференциального уравнения теплопроводности.	29	12	5	7	17	25
3	5	<b>Раздел 4. Конвективный теплообмен.</b> 4.1. Уравнения сохранения для сплошной среды. Метод обобщенных переменных для исследования конвективного теплообмена. 4.2. Пограничный слой. Уравнения пограничного слоя. Аналогия Рейнольдса. Интегральные уравнения пограничного слоя. 4.3. Конвективный теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах течения. 4.4. Особенности теплообмена в трубах. 4.5. Особенности конвективного теплообмена применительно к изделиям ракетно-космической техники: сверхзвуковые течения, химические превращения, сложный профиль обтекаемой поверхности, изменение параметров окружающей среды. Метод эффективной длины.	57	32	16	16	25	25
3	5	<b>Раздел 5. Лучистый теплообмен.</b> 5.1. Закономерности теплового излучения. 5.2. Принципы определения лучистого теплового потока.	28	11	8	3	17	20
<b>Всего за 5 семестр</b>			144	68	34	34	76	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	68	34	34	76	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Теплопроводность.	Закон теплопроводности, дифференциальное уравнение теплопроводности.	8
2	Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах.	Стационарная теплопроводность. Нестационарная теплопроводность.	7
3	Раздел 4. Конвективный теплообмен.	Конвективный теплообмен	16
4	Раздел 5. Лучистый теплообмен.	Лучистый теплообмен	3
<b>Всего за 5 семестр</b>			34

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 2. Теплопроводность.	Закон теплопроводности, дифференциальное уравнение теплопроводности	17
2	Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах.	Стационарная теплопроводность Нестационарная теплопроводность	17
3	Раздел 4. Конвективный теплообмен.	Конвективный теплообмен	25
4	Раздел 5. Лучистый теплообмен.	Лучистый теплообмен	17
<b>Всего за 5 семестр</b>			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
5	ТекК	ТекК	ТекК, Задан	ТекК	ТекК, Задан	ДР	ТекК	ТекК	ТекК, Задан	ДР	ТекК	ТекК, Задан	ТекК	ТекК	ТекК	ДР	ТекК

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Задан – задание.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 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. Баумана. Золотая коллекция, 2017, эл. рес.
2. А. М. Губертов, В. В. Миронов, Д. М. Борисов. . Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твёрдого топлива. М.: Машиностроение, 2004, 9 экз.
3. В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов. . Сборник задач по теплопередаче. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 51 экз.
4. Г. В. Родионов. . Расчёты параметров теплообмена и температурных полей. Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988, 125 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://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=443](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=443) — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### 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 **ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ИЗДЕЛИЯХ РКТ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ПК-2.3 Способен осуществлять техническое сопровождение отработки систем обеспечения теплового режима изделий РКТ.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с определением интенсивности теплообмена применительно к изделиям ракетно-космической техники.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- задание.

**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 (**34 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 2. Теплопроводность.</b>		
Закон теплопроводности, дифференциальное уравнение теплопроводности	Б. Н. Юдаев. . Теплопередача: М.: Высш. шк., 1981 (2) В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов. . Сборник задач по теплопередаче: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1)	17
Итого по разделу 2		17
<b>Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах.</b>		
Стационарная теплопроводность Нестационарная теплопроводность	Г. В. Родионов. . Расчёты параметров теплообмена и температурных полей: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988 (2) В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов. . Сборник задач по теплопередаче: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (2-3)	17
Итого по разделу 3		17
<b>Раздел 4. Конвективный теплообмен.</b>		
Конвективный теплообмен	Г. В. Родионов. . Расчёты параметров теплообмена и температурных полей: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988 (4) В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов. . Сборник задач по теплопередаче: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (4) А. М. Губертов, В. В. Миронов, Д. М. Борисов. . Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твёрдого топлива: М.: Машиностроение, 2004 (2)	25
Итого по разделу 4		25
<b>Раздел 5. Лучистый теплообмен.</b>		
Лучистый теплообмен	В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов. . Сборник задач по теплопередаче: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (5) Б. Н. Юдаев. . Теплопередача: М.: Высш. шк., 1981 (4)	17
Итого по разделу 5		17

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- задание;
- 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 для текущего контроля

При опросе студентов задаются вопросы по теме занятия. При полном ответе студент получает 10 баллов, при неполном - 5 баллов, в случае неверного ответа - 0 баллов. Условием для успешного завершения опроса является количество баллов в диапазоне от 5 до 10.

Вопросы для текущего контроля представлены в УМК дисциплины.

#### Задание

При проведении ПЗ осуществляется решение задач по пяти темам. Каждый студент должен решить пять задач по индивидуальным заданиям (Бабук В. А. Сборник задач по теплопередаче/ В. А. Бабук, А. Ф. Леонов, Г. В. Родионов; БГТУ "ВОЕНМЕХ". -Изд. 3-е, перераб. и доп.. -СПб., 2018. -68 с.). Отчет по решению задач представляется на листах формата А4. Защита проходит в форме ответов студента на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и ответы студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов -100.

Основаниями для снижения количества баллов являются:

- неполные ответы на вопросы – 20 баллов,
- небрежное оформление – 10 баллов,
- низкое качество графического материала – 10 баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 10 являются:

- небрежное оформление работы,
- низкое качество графического материала.

Зачет по выполненной задаче осуществляется при достижении не менее 75 баллов.

#### Экзамен

К экзамену допускаются студенты, которые успешно прошли опрос и получили зачет по выполненным задачам. Оценка проставляется по результатам ответов на вопросы билета. Вопросы, содержащиеся в билетах, выложены в УМК. При полном ответе на два вопроса в билете студент получает оценку "отлично". При неполном ответе на один из вопросов оценка снижается, студент получает оценку "хорошо". Неполные ответы на оба вопроса приведут к оценке "удовлетворительно". Неверные ответы на оба вопроса будут иметь следствием оценку "неудовлетворительно".

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		ПК-2.3	
3	5	Раздел 1. Основные понятия.	1	1	1	0	0	5	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 2. Теплопроводность.	29	12	4	8	17	25	Вопросы для текущего контроля, Задание
3	5	Раздел 3. Теплопроводность в твердых телах.	29	12	5	7	17	25	Вопросы для текущего контроля, Задание
3	5	Раздел 4. Конвективный теплообмен.	57	32	16	16	25	25	Вопросы для текущего контроля, Задание
3	5	Раздел 5. Лучистый теплообмен.	28	11	8	3	17	20	Вопросы для текущего контроля, Задание
Всего за 5 семестр			144	68	34	34	76	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	

**ПК-2.3 - Способен осуществлять техническое сопровождение отработки систем обеспечения теплового режима изделий РКТ**

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Распределение температуры в пределах пограничного слоя позволяет определить
2. Распределение концентрации вещества в пределах пограничного слоя позволяет определить
3. Распределение скорости в пределах пограничного слоя позволяет определить

А - плотность потока вещества

Б - плотность теплового потока

В - напряжение трения

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Объяснить обобщенный характер решения, полученного при использовании метода обобщенных переменных при симметричном нагреве неограниченной пластины в среде с граничными условиями третьего рода?

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В чем заключается дуализм свойств пограничного слоя?

№ 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В чем заключается дуализм свойств пограничного слоя?

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Идеальный газ - это
2. Идеальная жидкость - это

А - газ, строго подчиняющийся законам Бойля-Мариотта и Гей-Люссака

Б - жидкость, не обладающая вязкостью, теплопроводностью и способностью к диффузии

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

Вывод дифференциального уравнения теплопроводности базируется на следующих законах

1. законе сохранения энергии
2. законе Фика
3. законе теплопроводности Фурье
4. законе Ньютона-Рихмана

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

Аналогия Рейнольдса реализуется при равенстве 1 следующих безразмерных комплексов

1. числа Прандтля
2. числа Маха
3. числа Кнудсена
4. Числа Шмидта

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

Для использования феноменологического подхода к описанию излучения реальных тел необходимо знание

1. законов излучения абсолютно черного тела

2. степени черноты
3. результатов квантово-химических расчетов
4. данных о строение вещества

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Определить последовательность действий при использовании метода эффективной длины

1. Найти параметры потока в рассматриваемом сечении
2. Рассчитать плотность теплового потока, используя закон Ньютона-Рихмана,
3. Найти зависимость радиуса поверхности и массовой скорости потока от криволинейной координаты
4. Определить значение эффективной длины
5. Воспользоваться критериальным уравнением для пластины
6. Рассчитать значение обобщенного числа Рейнольдса

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Определить последовательность действий при использовании метода обобщенных переменных в случае исследования конвективного теплообмена

1. отыскивается зависимость безразмерного коэффициента теплоотдачи от безразмерных переменных и комплексов
2. записываются уравнения механики сплошной среды для обтекающего газа
3. вводятся безразмерные переменные и функции
4. уравнения механики сплошной среды приводятся к безразмерному виду

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

При выводе дифференциального уравнения теплопроводности помимо закона сохранения энергии используется

1. закон теплопроводности Фурье
2. обобщенный закон трения Ньютона
3. закон диффузии Фика
4. закон Ньютона-Рихмана

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

При наличии характеристик теплового пограничного слоя плотность теплового потока определяется на поверхности обтекаемого тела при использовании закона

1. закона теплопроводности Фурье
2. обобщенного закона трения Ньютона
3. закона диффузии Фика
4. закона Ньютона-Рихмана

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

При наличии химических реакций в пограничном слое плотность теплового потока определяется на поверхности обтекаемого тела при использовании распределения

1. температуры
2. концентрации вещества
3. энтальпии
4. скорости газового потока