

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ

Савченко Григорий Борисович, старший преподаватель

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

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 и экспериментальные исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

на уровне представлений:

- основные законы теплопередачи в двигателях;

на уровне воспроизведения:

- методы анализа эффективности работы двигателей ЛА;

- расчет тепловых потоков

на уровне понимания:

- выполнения теплотехнических расчетов для эскизного проектирования оборудования;;

умения:

- методы и алгоритмы анализа теплового режима двигателей ЛА

практические:

- проводить анализ работы тепловых машин и установок;;

навыки:

- решения задач при проектировании узлов теплового оборудования энергетических установок;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕПЛОПЕРЕДАЧА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДВИГАТЕЛИ ДВУХСРЕДНЫХ АППАРАТОВ, КОСМОЭНЕРГОУСТАНОВКИ, РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ВРД, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НАЗЕМНОГО ПРИМЕНЕНИЯ НА БАЗЕ РД, РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАМЕР РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ТЕОРИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВРД, ТЕОРИЯ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ЭЛЕКТРОРАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕПЛОВЫХ МАШИН**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

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		ОПК-1
3	5	Раздел 1. Теплопроводность. Закон Фурье. Уравнение теплопроводности. Стационарная теплопроводность и теплопередача через плоскую, цилиндрическую и шаровую стенки. Расчет нагрева и охлаждения термически тонких тел. Методы решения задач стационарной теплопроводности. Нестационарная теплопроводность. Методы решения задач нестационарной теплопроводности.	51	18	12	6	33	40
3	5	Раздел 2. Конвективный теплообмен в однофазной среде. Основные понятия, определения, положения. Основные положения теории подобия. Теоремы подобия. Основные критерии и критериальные уравнения конвективного теплообмена. Теплоотдача при внешнем обтекании тел. Интенсификация процессов теплообмена. Эффективность оребрения тракта охлаждения. Методы решения задач конвективного теплообмена.	53	18	12	6	35	40
3	5	Раздел 3. Тепловое излучение. Теплообмен излучением. Законы излучения. Излучение нечерных тел. Теплообмен в прозрачной и в поглощающей средах. Методы решения задач лучистого теплообмена.	40	15	10	5	25	20
Всего за 5 семестр			144	51	34	17	93	100
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100

3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Теплопроводность.	Выполнение и защита лабораторной работы «Определение коэффициента теплопроводности».	6
2	Раздел 2. Конвективный теплообмен в однофазной среде.	Выполнение и защита лабораторной работы «Теплоотдача при конвекции».	6
3	Раздел 3. Тепловое излучение.	Выполнение и защита лабораторной работы «Определение коэффициента излучения».	5
Всего за 5 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Теплопроводность.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	7
2		Проработка материалов практических занятий	4
3		Проработка материалов лабораторной работы	22
4	Раздел 2. Конвективный теплообмен в однофазной среде.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	7
5		Проработка материалов практических занятий	4
6		Проработка материалов лабораторной работы	24
7	Раздел 3. Тепловое излучение.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	4
8		Проработка материалов практических занятий	3
9		Проработка материалов лабораторной работы	18
Всего за 5 семестр			93

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																17
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
5	КПос	КПос	КПос	КПос	КПос	ДР	КПос	ЛР, КПос	КПос	ДР	КПос	ЛР, КПос	КПос	КПос	КПос	ДР	Вопр. Диф. Зач, КПос, ДЗ, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- КПос – контроль посещаемости;
- ЛР – лабораторная работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- ДЗ – домашнее задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- контроль посещаемости;
- лабораторная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 1980, 74 экз.
2. В. В. Сахин. . Исследование процессов теплообмена. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004, эл. рес.
3. В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, эл. рес.
4. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 84 экз.
5. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, эл. рес.
6. Ю. А. Душин. . Термодинамика и тепло-массопередача. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Естественные и технические науки.

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

1. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — 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 - 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:

1. Проектор.

6.2. Лабораторные занятия:

1. Проектор;
2. Лабораторные стенды по термодинамике и теплопередаче.

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** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 способность применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментальные исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением вопросов теплообмена в различных его проявлениях.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- контроль посещаемости;
- лабораторная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 з.е., **144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 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. Теплопроводность.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (2) В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (3)	7
Проработка материалов практических занятий	Ю. А. Душин. . Термодинамика и тепло-массопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1, 2) В. В. Сахин. . Исследование процессов теплообмена: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (1)	4
Проработка материалов лабораторной работы	В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1)	22
Итого по разделу 1		33
Раздел 2. Конвективный теплообмен в однофазной среде.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (3) Ю. А. Душин. . Термодинамика и тепло-массопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1, 6)	7
Проработка материалов практических занятий	В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (4) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3)	4
Проработка материалов лабораторной работы	В. В. Сахин. . Исследование процессов теплообмена: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (2)	24
Итого по разделу 2		35
Раздел 3. Тепловое излучение.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (4) В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (4)	4
Проработка материалов практических занятий	В. В. Сахин. . Исследование процессов теплообмена: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (3) В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (5)	3
Проработка материалов лабораторной работы	Ю. А. Душин. . Термодинамика и тепло-массопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1, 6)	18
Итого по разделу 3		25

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- контроль посещаемости;
- лабораторная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

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

Домашнее задание

Домашнее задание представляет собой самостоятельное решение задач по разделу в соответствии с программой. Задачи представлены в УМК дисциплины. Отчет по ДЗ должен быть представлен в виде решения не менее 80% задач, включая путь решения, использованные уравнения, подставленные значения и численный результат с размерностями. При оформлении ДЗ обязательное требование - наличие титульного листа установленной в БГТУ "ВОЕНМЕХ" формы.

Контроль посещаемости

Аттестация проставляется при условии посещения не менее 75 % занятий. Отработка пропущенных занятий не требуется.

Лабораторная работа

Допуск к ЛР.

Допуск к выполнению ЛР происходит только после проведения инструктажа по технике безопасности при предоставлении студентом в письменном виде описания, содержащего постановку задачи ЛР, план выполнения ЛР и цели предполагаемого исследования.

Отчет по ЛР.

Отчет по ЛР представляется в рукописном виде в формате, предусмотренном шаблоном по лабораторной работе. Защита отчета происходит в форме доклада студента по лабораторной работе и ответов студента на вопросы преподавателя.

В случае, если оформление отчета, уровень знания и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает зачет по данной ЛР.

Основанием для доработки могут служить:

- небрежное выполнение;
 - низкое качество графического материала;
- отчет не может быть принят и подлежит переработке в случае:
- отсутствия необходимых разделов;
 - отсутствия необходимого графического материала;
 - некорректной обработки результатов вычислений;
 - некорректных выводов по выполненной работе

Защита лабораторной работы может быть признана неудовлетворительной в случае низкого уровня знаний студента по теме лабораторной работы.

Вопросы к дифференцированному зачету

Вопросы к дифференцированному зачету охватывают весь курс в соответствии с программой и представлены в УМК дисциплины.

Дифференцированный зачет

Необходимым условием получения дифференцированного зачёта является выполнение всех контрольных мероприятий, предусмотренных программой дисциплины.

Зачет может проходить в одной из двух форм:

Дифференцированный зачет проходит в форме тестирования. Тест содержит 20 вопросов. Вопросы тестирования представлены в УМК дисциплины.

Более 90% теста решено правильно – зачтено-отлично.

Более 80% теста решено правильно – зачтено-хорошо.

Более 60% теста решено правильно – зачтено-удовлетворительно.

Менее 60% теста решено правильно – не зачтено.

По желанию студента зачет может проходить по билету, с ответом на три вопроса (по одному из каждого раздела). Вопросы представлены в УМК дисциплины.

Ответ на «зачтено-удовлетворительно»: ответ строго по билету, полнота ответа 60-80% по каждому вопросу.

Ответ на «зачтено-хорошо»: ответ по билету не менее 80% по каждому вопросу.

Ответ на «зачтено-отлично»: ответ по билету не менее 80% по каждому вопросу, ответы на 2-3 дополнительных вопроса из списка "вопросы по разделу" со степенью полноты ответа не менее 60% по каждому.

"Не зачтено" может быть поставлено при отсутствии ответа на один или оба вопроса билета, а также при полноте ответа ниже 60%.

При различии полноты ответа на два вопроса свыше 20%, полнота ответа на экзаменационный билет оценивается по среднеарифметическому значению.

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		ОПК-1		
3	5	Раздел 1. Теплопроводность.	51	18	12	6	33	40	Лабораторная работа, Контроль посещаемости, Домашнее задание	
3	5	Раздел 2. Конвективный теплообмен в однофазной среде.	53	18	12	6	35	40	Лабораторная работа, Контроль посещаемости, Домашнее задание	
3	5	Раздел 3. Тепловое излучение.	40	15	10	5	25	20	Лабораторная работа, Контроль посещаемости, Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание	
Всего за 5 семестр			144	51	34	17	93	100		
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100		

Критерии оценивания

ОПК-1

- Вопросы открытого типа:
- № 1 Дифференциальное уравнение теплопроводности
- Запишите развернутый обоснованный ответ
- № 2 Уравнение теплового потока при конвективном теплообмене
- Выбрать правильный ответ и записать аргументы, обосновывающие правильность ответа
- Уравнение Ньютона- Рихмана,
- Уравнение Планка
- Дифференциальное уравнение теплопроводности
- № 3 Основной закон излучения в прозрачной среде
- Выбрать правильный ответ и записать аргументы, обосновывающие правильность ответа
- Уравнение Ньютона- Рихмана,
- Уравнение Планка
- Дифференциальное уравнение теплопроводности
- № 4 Раскройте физический смысл критерия Рейнольдса. Выберите правильный ответ и записать аргументы, обосновывающие правильность ответа
- Динамический
- Тепловой
- Раскройте физический смысл критерия Грасгофа. Выберите правильный ответ и записать аргументы, обосновывающие правильность ответа
- № 5 Динамический
- Тепловой
- № 6 Раскройте физический смысл критерия Нуссельта. Выберите правильный ответ и записать аргументы, обосновывающие правильность ответа
- Динамический
- Тепловой
- № 7 Перечислить условия однозначности для решения задач теплообмена
- Запишите развернутый обоснованный ответ
- № 8 Какие имеются способы задания граничных условий теплообмена теплопроводностью.
- Запишите развернутый обоснованный ответ
- № 9 Система уравнений конвективного теплообмена
- Запишите развернутый обоснованный ответ
- № 10 Порядок (алгоритм) расчета конвективного теплообмена.
- Запишите развернутый обоснованный ответ
- Вопросы закрытого типа:
- № 1 Уравнение Фурье это:

$$1) \bar{q} = -\lambda \cdot \text{grad} T$$

$$2) \bar{q} = \lambda \cdot \text{grad} T$$

$$3) \bar{q} = -\lambda \cdot F \text{grad} T$$

$$4) Fo = \frac{a \tau}{l^2}$$

№ 2 В чем отличие излучения реального тела от излучения серого тела?

- 1) Степень черноты меньше единицы
- 2) Коэффициент пропускания неодинаков для разных длин волн
- 3) У реального тела коэффициент поглощения меньше, чем у серого.
- 4) У серого тела интегральный коэффициент поглощения меньше, чем у серого

№ 3 От каких факторов зависит теплопроводность твердых веществ?

- 1) Химический состав
- 2) Температура, химический состав
- 3) Температура
- 4) Градиент температуры

№ 4 Какие параметры влияют на величину теплопроводности жидких и газообразных сред?

- 1) Химический состав, давление
- 2) Температура, химический состав, давление
- 3) Температура, давление
- 4) Градиент температуры

№ 5 Указать ответ, наиболее полно отражающий факторы, влияющие на коэффициент теплоотдачи

- 1) Скорость движения жидкости, динамическая вязкость, шероховатость поверхности, коэффициент теплопроводности жидкости и стенки
- 2) Характер движения жидкости, динамическая вязкость, шероховатость поверхности, коэффициент теплопроводности жидкости и стенки
- 3) Характер движения жидкости, скорость движения жидкости динамическая вязкость, шероховатость поверхности, коэффициент теплопроводности жидкости
- 4) Критерии Рейнольдса, Нуссельта, Прандтля и Грасгофа

№ 6 Какой режим теплообмена описывается уравнением:

$$Nu = Nu(Re, Gr, Pr, M)$$

- 1) Стационарная смешанная конвекция несжимаемой жидкости
- 2) Нестационарная смешанная конвекция несжимаемой жидкости
- 3) Нестационарная смешанная конвекция сжимаемой жидкости
- 4) Стационарная смешанная конвекция сжимаемой жидкости

№ 7 Какой режим теплообмена описывается уравнением

$$Nu = C Re^a Gr^b Fo^c M^d$$

- 1) Стационарная смешанная конвекция несжимаемой жидкости

- 2) Нет правильных ответов
- 3) Нестационарная смешанная конвекция сжимаемой жидкости
- 4) Стационарная смешанная конвекция сжимаемой жидкости
- № 8 Если $Nu_1 > Nu_2$, это означает:
- 1) Во втором случае интенсивность теплообмена ниже
- 2) Во втором случае интенсивность теплообмена выше
- 3) Во втором случае интенсивность конвективного теплообмена выше
- 4) Во втором случае интенсивность конвективного теплообмена ниже
- № 9 Установите соответствие

Основные критерии конвективного теплообмена, и их уравнение.

1. Нуссельта:
2. Рейнольдса.
3. Грасгофа.
4. Фурье
5. Прандтля.

А

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda_{ж}}$$

Б

$$Re = \frac{wl}{\nu} = \frac{\rho wl}{\mu}$$

В

$$Gr = \beta \frac{gl^3}{\nu^2} \Delta T$$

Г

$$Fo = \frac{a\tau}{l^2}$$

Д

$$Pr = \frac{\nu}{a} = \frac{\mu C_p}{\lambda}$$

- № 10 Установите соответствие

Основные критерии конвективного теплообмена, их физический смысл.

1. Нуссельта:
2. Рейнольдса.
3. Грасгофа.
4. Фурье

5. Прандтля.

А Характеризует соотношение интенсивностей тепловых потоков конвективного и за счет теплопроводности.

Б Характеризует соотношение инерциальных сил к силам вязкого трения.

В Характеризует соотношение подъемных сил к силам вязкого трения.

Г. Характеризует отношение времени протекания процесса τ к времени перестройки температурного поля среды

Д Характеризует теплофизические свойства среды, в частности соотношение толщин теплового и динамического пограничных слоев.