

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(подпись) Ф.И.О.
«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛО И МАССОПЕРЕДАЧА

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Пусковые устройства, транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

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	
5	9	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ _____

Синильщиков Валерий Борисович, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Андреев О.В., к.т.н. _____

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Андреев О.В., к.т.н. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛО И МАССОПЕРЕДАЧА

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-3 — Способен разрабатывать технические задания на разработку систем, механизмов и агрегатов, входящих в проектируемое изделие ракетного или ракетно-космического комплекса

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-3

знания:

на уровне представлений: основные законы теплопередачи;

на уровне воспроизведения: принципы расчета теплообмена, порядок определения

температурного поля в элементах стартовых и технических комплексов ракет и космических аппаратов;;

умения:

теоретические: составлять математические модели теплоотдачи для разных случаев;

практические: проводить тепловой расчет элементов стартовых и технических комплексов ракет

и космических аппаратов, испытывающих тепловое воздействие;

навыки:

определение температурных полей в элементов стартовых и технических комплексов ракет и космических аппаратов, испытывающих тепловое воздействие.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕПЛО И МАССОПЕРЕДАЧА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДИКИ РАБОТЫ В ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТАХ**.

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 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
- ПК-9 — Способен разрабатывать газоотводящие системы пусковых устройств и устройства для снижения воздействия потоков газа ракетных двигателей при старте ракет

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-3
5	9	Раздел 1. Теплопроводность. Закон Фурье. Уравнение теплопроводности. Стационарная теплопроводность и теплопередача через плоскую, цилиндрическую и шаровую стенки. Расчет нагрева и охлаждения термически тонких тел. Учет температурных зависимостей свойств материала. Компьютерные методы решения задач нестационарной теплопроводности.	32	22	10	12	10	30
5	9	Раздел 2. Конвективный теплообмен газовых и жидких сред с твердыми стенками. Основные понятия, определения, положения. Основные критерии, используемые в задачах теплопередачи и их физический смысл. Критериальные модели естественной и вынужденной конвекции. Интенсификация процессов теплообмена. Эффективность обребования. Особенности теплового воздействия при натекании струй ракетных двигателей на элементы конструкций стартовых комплексов и при хранении криогенных компонентов топлив. Способы снижения теплового воздействия на элементы стартовых комплексов.	76	36	16	20	40	45
5	9	Раздел 3. Тепловое излучение. Теплообмен излучением. Законы излучения. Излучение нечерных тел. Теплообмен в прозрачной и в поглощающей средах.	36	10	8	2	26	25
Всего за 9 семестр			144	68	34	34	76	100
Всего по дисциплине			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 1. Теплопроводность.	Решение нестационарных задач одномерной теплопроводности в плоской стенке	6
2		Решение нестационарных задач одномерной теплопроводности в тонком ребре	6
3	Раздел 2. Конвективный теплообмен газовых и жидких сред с твердыми стенками.	Критериальные методы расчета теплоотдачи при естественной и вынужденной конвекции	4
4		Критериальный метод расчета теплообмена при течении жидкостей и газов по длинным трубам и элементам газовых приводов	6
5		Расчет теплового воздействия струй ракетных двигателей на элементы конструкций стартовых комплексов	10
6	Раздел 3. Тепловое излучение.	Расчет теплообмена излучением	2
Всего за 9 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Теплопроводность.	Подготовка лекции, самостоятельное изучение дидактических единиц, оформление конспекта лекций	10
2	Раздел 2. Конвективный теплообмен газовых и жидких сред с твердыми стенками.	Подготовка лекции, самостоятельное изучение дидактических единиц, оформление конспекта лекций, выполнение Домашнего задания	40
3	Раздел 3. Тепловое излучение.	Подготовка лекции, самостоятельное изучение дидактических единиц, оформление конспекта лекций	26
Всего за 9 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
9				ТекК		ДР				ДР			ДЗ			ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- 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;
- вопросы для текущего контроля;
- 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. . Основы теплотехники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
3. В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, эл. рес.
4. В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, 114 экз.
5. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теплопередача. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 86 экз.
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/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rflbr.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:

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 **ТЕПЛО И МАССОПЕРЕДАЧА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-3 Способен разрабатывать технические задания на разработку систем, механизмов и агрегатов, входящих в проектируемое изделие ракетного или ракетно-космического комплекса.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теплообменом в различных элементах стартовых комплексах, с тепловыми расчетами этих элементов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- 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.**), 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.
Раздел 1. Теплопроводность.		
Подготовка лекции, самостоятельное изучение дидактических единиц, оформление конспекта лекций	Ю. А. Душин. . Термодинамика и тепло-массопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1-3) В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (1-3)	10
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Конвективный теплообмен газовых и жидких сред с твердыми стенками.		
Подготовка лекции, самостоятельное изучение дидактических единиц, оформление конспекта лекций, выполнение Домашнего задания	В. В. Сахин. . Основы теплотехники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (2-4) В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (2-4)	40
Итого по разделу 2		40
Раздел 3. Тепловое излучение.		
Подготовка лекции, самостоятельное изучение дидактических единиц, оформление конспекта лекций	В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (4) В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (4)	26
Итого по разделу 3		26

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание;
- 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.

Вопросы к дифференцированному зачету

Вопросы к дифф. зачету содержатся в УМК дисциплины

Вопросы для текущего контроля

Вопросы для текущего контроля содержатся в УМК дисциплины. Правильные ответы на 60% вопросов преподавателя являются основанием считать сданными данные вопросы.

Домашнее задание

Расчет нестационарного прогрева листа металлоблицовки стартовых комплексов. ДЗ считается успешно выполненным, если погрешность определения температур листа не превышает 1%

Дифференцированный зачет

Дифф. зачет по дисциплине проходит в форме устного собеседования (с письменными пояснениями) и ответов на вопросы к дифф. зачету, задаваемых преподавателем.

Ответы на:

- более 85% вопросов - является основанием для получения студентом оценки «зачтено-отлично»;
- (75-84)% вопросов - является основанием для получения студентом оценки «зачтено-хорошо»;
- (51-74)% вопросов - является основанием для получения студентом оценки «зачтено-удовлетворительно»;
- менее 51% вопросов – является основанием для получения студентом оценки «не зачтено».

Обучающийся имеет право на получение оценки "зачтено-отлично", "зачтено-хорошо" и "зачтено-удовлетворительно" в рамках текущей работы в семестре согласно технологической карте.

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-3	
5	9	Раздел 1. Теплопроводность.	32	22	10	12	10	30	Вопросы к дифференцированному зачету, Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 2. Конвективный теплообмен газовых и жидких сред с твердыми стенками.	76	36	16	20	40	45	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание
5	9	Раздел 3. Тепловое излучение.	36	10	8	2	26	25	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 9 семестр			144	68	34	34	76	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	

ПК-3 - Способен разрабатывать технические задания на разработку систем, механизмов и агрегатов, входящих в проектируемое изделие ракетного или ракетно-космического комплекса

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В чем недостаток схемы металлооблицовки поверхностей, испытывающих воздействие струй ракетных двигателей в которой листы привариваются к закладным элементам?

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие вербальные и математические формулировки граничных условий для одномерного уравнения теплопроводности (д

Вербальные формулировки	Математические формулировки
1. Теплоизолированная поверхность	А. $\frac{\partial T}{\partial x}(0) = 0$
2. Термостатированная поверхность	Б. $\lambda \frac{\partial T}{\partial x}(0) = q$
3. Теплообмен с подвижной жидкой средой.	В. $\lambda \frac{\partial T}{\partial x}(0) = \alpha(T(0))(T_{\text{вн}} - T(0))$
4. Теплообмен с подвижной газовой средой при большом перепаде температур.	Г. $\lambda \frac{\partial T}{\partial x}(0) = \alpha(T_{\text{вн}} - T(0))$
	Е. $T(0) = T_0$

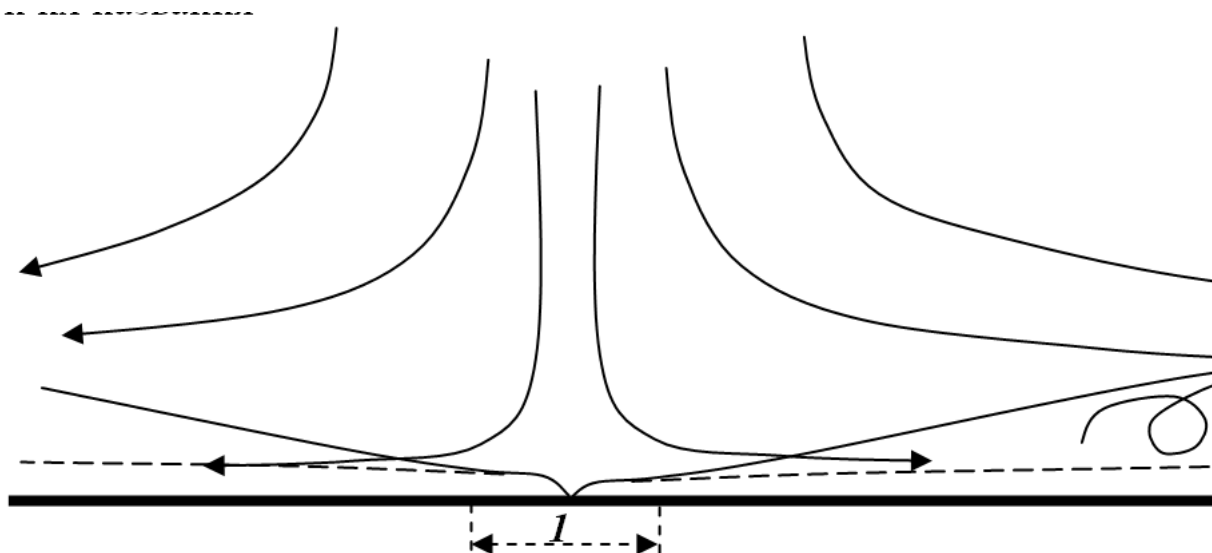
№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите процессы, происходящие при воздействии струй ракетных двигателей на элементы металлооблицовки стартовых комплексов раи

1. Изменение структуры металла
2. Снижение механических свойств (прочности и жесткости)
3. Появление термонапряжений
4. Оплавление поверхности
5. Появление остаточных термдеформаций

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие положения точек и зон при натекании струи, на преграду и их названия



Точки и зоны Определения

1. А. Отошедший скачок
2. Б. Пограничный слой
3. В. Ламинарный подслой
4. Г. Критическая точка
- Е. Растекающаяся струя

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

Как обычно изменяется коэффициент теплоотдачи при натекании струи ракетного двигателя на газоотражатель с увеличением диаметра струи (неизменными)?

- 1) Незначительно растет;
- 2) Незначительно падает;
- 3) Значительное растет;
- 4) Практически не изменяется

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите этапы расчета силовых и тепловых нагрузок на преграду, перпендикулярную оси струи, по инженерной методике

1. Определение параметров на срезе эффективного сопла
2. Определение параметров на срезе реального сопла
3. Определение параметров на оси свободной струи в сечении, на котором расположена преграда
4. Определение энтальпийного фактора и характерной длины начального участка
5. Определение параметров в критической точке.
6. Построение эпюры давления на преграде
7. Определение коэффициента теплообмена и тепловых потоков

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

Как изменяется температура торможения на оси струи ракетного двигателя в области догорания сопловых газов?

1. Растет
2. Падает
3. Сначала растет, потом падает
4. В зависимости от сочетания параметров может и расти и падать

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

Как зависит установившаяся температура в центральной точке твердой стенки, испытывающей тепловое воздействие со стороны потока жидк. Толщину стенки и остальные параметры материала стенки во всех вариантах считать постоянными.

- 1) Чем больше теплоемкость – тем выше плотность теплового потока;
- 2) Чем больше теплоемкость – тем ниже плотность теплового потока;
- 3) Плотность теплового потока в указанных условиях не зависит от теплоемкости;
- 4) С увеличением теплоемкости плотность теплового потока сначала растет, а затем – падает

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

Отметьте параметры, с увеличением которых растет интенсивность теплового потока в поверхность газотражателя. Температура торможения

1. Давление внешнего потока
2. Скорость внешнего течения
3. Толщина пограничного слоя
4. Температура поверхности газотражателя

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

Какие из перечисленных критериев характеризуют теплоотдачу от газовой или жидкой среды в стенку?

- 1) Число Рейнольдса;
- 2) Число Нуссельта;
- 3) Число Прандтля;
- 4) Число Стантона.

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

Проводится расчет одномерной нестационарной теплопроводности с использованием явной схемы. Шаг разбиения сетки по координате 1 мм. теплоемкость 400 Дж/(кг·К), коэффициент теплопроводности 30 Вт/(м·К). Какие значения шага интегрирования по времени можно использовать?

- 1) 0,001 с;
- 2) 0,003 с;
- 3) 0,01 с;
- 4) 0,03 с

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Для каких конструкций наиболее опасными тепловыми нагрузками при старте ракет является теплообмен излучением?