

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_  
(подпись) Ф.И.О.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛО И МАССОПЕРЕДАЧА

Направление/специальность подготовки	24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Наземное технологическое оборудование стартовых систем
Уровень высшего образования	Магистратура
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	
6	11	3	108	34	34	0	0	74	0	0	74	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

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-8.2 — Способен использовать результаты численного моделирования газодинамических процессов, процессов теплообмена, имеющих место в стартовых системах, комплексах, изделиях РКТ и наземного технологического оборудования стартовых систем для решения задач по определению различных характеристик данных систем, комплексов и их подсистем

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-8.2**

*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 *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, ПРОГРАММИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТАРТОВЫХ СИСТЕМ В ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТАХ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
- ОПК-2 — Способен ставить и решать задачи по проектированию, конструированию, производству, испытанию и эксплуатации объектов профессиональной деятельности при использовании современных информационных технологий
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших
- ОПК-6 — Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники
- ПК-8.1 — Способен проводить обработку данных по результатам цифрового моделирования различных процессов, в том числе применять системы автоматизированного инженерного анализа для получения требуемых данных, при функционировании элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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		ПК-4.2
6	11	<b>Раздел 1. Раздел 1. Теплопроводность.</b> 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.	30	10	10	20	35
6	11	<b>Раздел 2. Конвективный теплообмен в однофазной среде газовых и жидких сред с твердыми стенками.</b> Основные понятия, определения, положения. Основные критерии, используемые в задачах теплопередачи и их физический смысл. Теплоотдача при внешнем обтекании тел. Критериальные модели естественной и вынужденной конвекции. Интенсификация процессов теплообмена. Эффективность оребрения. Особенности теплового воздействия при натекании струй ракетных двигателей на элементы конструкций стартовых комплексов и при хранении криогенных компонентов топлив.	60	16	16	44	40
6	11	<b>Раздел 3. Тепловое излучение.</b> Теплообмен излучением. Законы излучения. Излучение нечерных тел. Теплообмен в прозрачной и в поглощающей средах.	18	8	8	10	25
<b>Всего за 11 семестр</b>			108	34	34	74	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	34	34	74	100

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Раздел 1. Теплопроводность.	Выполнение домашнего задания	20
2	Раздел 2. Конвективный теплообмен в однофазной среде газовых и жидких сред с твердыми стенками.	Выполнение домашнего задания	30
3		Повторение разделов дисциплины "Механика жидкости и газа"	14
4	Раздел 3. Тепловое излучение.	Подготовка к дифференцированному зачету	10
<b>Всего за 11 семестр</b>			74

### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Условные обозначения:

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

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники. М.: Полиграфикс РПК, 2005, эл. рес.
2. В. В. Нашокин. . Техническая термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 1980, 74 экз.
3. В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача). СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
4. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теплопередача. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 86 экз.
5. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теплопередача. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. Г. Блох, Ю. А. Журавлёв, Л. Н. Рыжков. . Теплообмен излучением. М.: Энергоатомиздат, 1991, 3 экз.
2. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Основы теплотехники. Теплопередача. СПб.: НИЦ АРТ, 2021, 1 экз.

### 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://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»;
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:

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. 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 *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. 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-8.2 Способен использовать результаты численного моделирования газодинамических процессов, процессов теплообмена, имеющих место в стартовых системах, комплексах, изделиях РКТ и наземного технологического оборудования стартовых систем для решения задач по определению различных характеристик данных систем, комплексов и их подсистем.

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

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 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. Раздел 1. Теплопроводность.</b>		
Выполнение домашнего задания	В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-2) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Основы теплотехники. Теплопередача: СПб.: НИЦ АРТ, 2021 (1-2) В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (1-3)	20
Итого по разделу 1		20
<b>Раздел 2. Конвективный теплообмен в однофазной среде газовых и жидких сред с твердыми стенками.</b>		
Выполнение домашнего задания	В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (3-4) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (3-4)	30
Повторение разделов дисциплины "Механика жидкости и газа"	. Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники: М.: Полиграфикс РПК, 2005 (3) В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (4)	14
Итого по разделу 2		44
<b>Раздел 3. Тепловое излучение.</b>		
Подготовка к дифференцированному зачету	А. Г. Блох, Ю. А. Журавлёв, Л. Н. Рыжков. . Теплообмен излучением: М.: Энергоатомиздат, 1991 (2-4) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (6)	10
Итого по разделу 3		10

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- 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

1. Расчет нестационарной теплопроводности
2. Расчет теплового воздействия на металлоблицовку газоотражателя при старте ракеты космического назначения

Отчет по домашнему заданию должен включать описание постановки задачи, порядка решения, а также графическое представление результатов.

Домашнее задание представляется в бумажном или электронном виде.

Домашнее задание считается зачтенным, если погрешность основных результатов не превышает 2%.

Примеры домашних заданий входят в состав УМК дисциплины.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Список вопросов входит в состав УМК дисциплины.

#### 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.

Список вопросов входит в состав УМК дисциплины.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции		ПК-8.2	
6	11	Раздел 1. Раздел 1. Теплопроводность.	30	10	10	20	35	Домашнее задание
6	11	Раздел 2. Конвективный теплообмен в однофазной среде газовых и жидких сред с твердыми стенками.	60	16	16	44	40	Домашнее задание
6	11	Раздел 3. Тепловое излучение.	18	8	8	10	25	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 11 семестр			108	34	34	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	34	74	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ТЕПЛО И МАССОПЕРЕДАЧА

**ПК-8.2 - Способен использовать результаты численного моделирования газодинамических процессов, процессов теплообмена, имеющих место в стартовых системах, комплексах, изделиях РКТ и наземного технологического оборудования стартовых систем для решения задач по определению различных характеристик данных систем, комплексов и их подсистем**

- № 1 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
- № 2 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?
- № 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Для каких конструкций наиболее опасными тепловыми нагрузками при старте ракет является теплообмен излучением?
- № 4 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
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность  
Расположите процессы, происходящие при воздействии струй ракетных двигателей на элементы металлооблицовки стартовых комплексов ракет
1. Изменение структуры металла
  2. Снижение механических свойств (прочности и жесткости)
  3. Появление термонапряжений
  4. Оплавление поверхности
  5. Появление остаточных термдеформаций
- № 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 жидкости? 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 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. $T(0) = T_0$

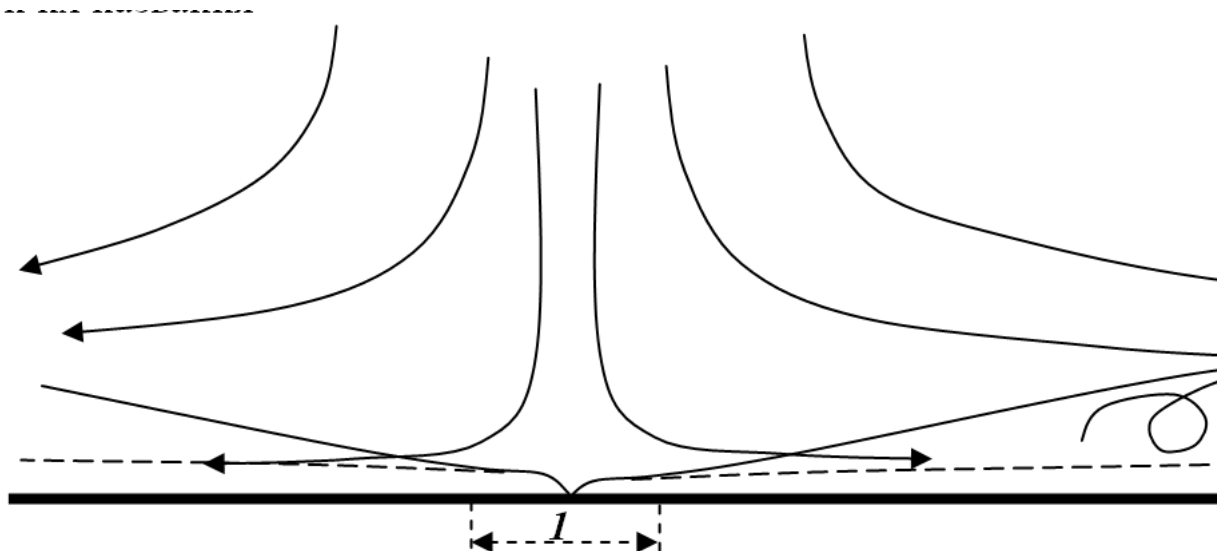
№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

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 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

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

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

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