


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

  
(подпись) Юнаков Л. П.  
«31» 05 2022 ФИО

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ РАЗРЕЖЕННОГО ГАЗА

|  |  |
|--|--|
| Направление/специальность подготовки       | 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов       |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Авиационная и ракетно-космическая теплотехника |
| Уровень высшего образования                | Магистратура                                   |
| Форма обучения                             | Очная  |
| Факультет                                  | А Ракетно-космической техники                  |
| Выпускающая кафедра                        | А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА           |
| Кафедра-разработчик рабочей программы      | А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА           |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ<br>(ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) |                    |        |                           |                         |                        |                 |                 |                               | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО<br>КОНТРОЛЯ |
|------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
|      |         |   | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ              | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ |        |                           |                         | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА |                 |                 |                               |                                |
|      |         |   |                                 | ВСЕГО              | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ<br>ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ<br>ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО                  | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ<br>САМОСТ. РАБОТЫ |                                |
| 5    | 9       | 4                                       | 144                             | 51                 | 34     | 0                         | 17                      | 93                     | 0               | 0               | 93                            | ЭКЗ.                           |

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

### 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2022

Программу составили:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Беляева Анастасия Сергеевна, ассистент

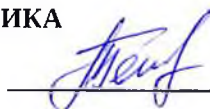


Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Циркунов Юрий Михайлович, д.ф.-м.н., профессор



Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

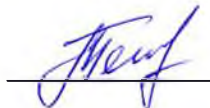
Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.



Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ РАЗРЕЖЕННОГО ГАЗА**

### **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:

ПСК-2.01 — способность проводить анализ газодинамических и теплообменных процессов, сопровождающих работу энергоустановок авиационной и ракетно-космической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-2.01**

*знания:*

на уровне представлений: приобретение студентом знаний в области элементарной кинетической теории ;

на уровне воспроизведения: описание модели простого газа и моделей молекул простого газа, основные методы расчета задач;

на уровне понимания: изучить основные методы расчета задач;;

*умения:*

теоретические: разрабатывать физические схемы и математические модели различного принципа действия.

практические: решать задачи элементарной кинетической теории;;

*навыки:*

постановки и решения практических задач; использования расчетных зависимостей для определения параметров простого газа;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ РАЗРЕЖЕННОГО ГАЗА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.04.05 *Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **ВНУТРЕННЯЯ ГАЗОДИНАМИКА ЭНЕРГОУСТАНОВОК, ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ, СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ**

### 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 |                                  | ПСК-2.01                   |
| 5                          | 9       | <b>Раздел 1. Модель простого газа.</b> Методы описания взаимодействия молекул газа. Модель простого газа и модели молекул простого газа. Законы сохранения при взаимодействии пары молекул. Модель молекул-твёрдых сфер. Расчет траекторий молекул в процессе парного столкновения. Сечения рассеяния. Зеркальное отражение молекул от твердой поверхности.  | 23    | 8                                     | 5      | 3                    | 15                               | 20                         |
| 5                          | 9       | <b>Раздел 2. Элементарная кинетическая теория.</b> Макроскопические параметры газа как средние по объему. Кинетическое определение термодинамических параметров. Разреженный газ. Пространственно-однородная релаксация. Режимы течения разреженного газа. Процессы переноса молекулярного признака. Самодиффузия, вязкое трение, теплопроводность. Наиболее вероятное распределение молекул по объему. Наиболее вероятное распределение молекул по скоростям. | 23    | 8                                     | 5      | 3                    | 15                               | 10                         |
| 5                          | 9       | <b>Раздел 3. Функция распределения и макроскопические параметры.</b> Фазовое пространство. Микроскопическое описание газа. Кинетическое описание газа. Фазовая плотность. Функция распределения молекул. Гипотеза молекулярного хаоса. Макроскопические параметры. Статистический смысл макропараметров. Потoki молекулярных признаков.  | 22    | 7                                     | 5      | 2                    | 15                               | 10                         |
| 5                          | 9       | <b>Раздел 4. Кинетическое уравнение Больцмана.</b> Кинетическое уравнение для фазовой плотности. Интеграл столкновений Больцмана для твердых сфер. Внутренняя трансформанта. Интеграл столкновений Больцмана для простого газа.  | 22    | 7                                     | 5      | 2                    | 15                               | 15                         |
| 5                          | 9       | <b>Раздел 5. Состояния равновесия.</b> Исследование равновесных состояний методом Гиббса. Состояние полного статистического равновесия. Функция распределения Максвелла. Состояние статистического равновесия в поле внешних сил. Кинетические параметры газа в состоянии равновесия. Энтропия Больцмана. Модельное кинетическое уравнение.  | 17    | 7                                     | 5      | 2                    | 10                               | 15                         |
| 5                          | 9       | <b>Раздел 6. Постановка задач для уравнения Больцмана.</b> Взаимодействие молекул газа с межфазными поверхностями. Воздействие газа на обтекаемое тело. Граничное условие на непроницаемой для молекул поверхности. Модели отражения молекул от поверхности. Испарение и конденсация. Постановка задач аэродинамики для уравнения Больцмана. Подobie течений разреженного газа.  | 17    | 7                                     | 5      | 2                    | 10                               | 15                         |
| 5                          | 9       | <b>Раздел 7. Макроскопические уравнения переноса.</b> Некоторые понятия тензорной алгебры и анализа. Законы сохранения в механике сплошных сред. Уравнение переноса молекулярного признака. Уравнение переноса молекулярного признака в пространстве собственных скоростей. Макроскопические законы сохранения. Замкнутая система уравнений переноса в состоянии локального равновесия. Уравнения Эйлера.  | 20    | 7                                     | 4      | 3                    | 13                               | 15                         |
| <b>Всего за 9 семестр</b>  |         |  | 144   | 51                                    | 34     | 17                   | 93                               | 100                        |
| <b>Всего по дисциплине</b> |         |  | 144   | 51                                    | 34     | 17                   | 93                               | 100                        |

#### 3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины                       | Тема практического занятия  | Объем, ауд. часов |
|-------|---|---|-------------------|
| 1     | Раздел 1. Модель простого газа.                               | Методы описания взаимодействия молекул газа. Расчет траекторий молекул в процессе парного столкновения. | 3                 |
| 2     | Раздел 2. Элементарная кинетическая теория.                   | Разреженный газ Самодиффузия, вязкое трение, теплопроводность   | 3                 |
| 3     | Раздел 3. Функция распределения и макроскопические параметры. | Микроскопическое описание газа  | 2                 |
| 4     | Раздел 4. Кинетическое уравнение Больцмана.                   | Интеграл столкновений Больцмана для простого газа   | 1                 |
| 5     |   | Интеграл столкновений Больцмана для твердых сфер  | 1                 |
| 6     | Раздел 5. Состояния равновесия.                               | Функция распределения Максвелла   | 2                 |
| 7     | Раздел 6. Постановка задач для уравнения Больцмана.           | Постановка задач аэродинамики для уравнения Больцмана   | 1                 |
| 8     |   | Граничное условие на непроницаемой для молекул поверхности  | 1                 |
| 9     | Раздел 7. Макроскопические уравнения переноса.                | Законы сохранения в механике сплошных сред  | 3                 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| <b>Всего за 9 семестр</b> | 17 |
|---------------------------|----|

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п                     | Номер и наименование раздела дисциплины                       | Содержание учебного задания  | Объем, часов |
|---------------------------|---|--|--------------|
| 1                         | Раздел 1. Модель простого газа.                               | Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. | 15           |
| 2                         | Раздел 2. Элементарная кинетическая теория.                   | Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. | 15           |
| 3                         | Раздел 3. Функция распределения и макроскопические параметры. | Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. | 15           |
| 4                         | Раздел 4. Кинетическое уравнение Больцмана.                   | Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. | 15           |
| 5                         | Раздел 5. Состояния равновесия.                               | Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. | 10           |
| 6                         | Раздел 6. Постановка задач для уравнения Больцмана.           | Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. | 10           |
| 7                         | Раздел 7. Макроскопические уравнения переноса.                | Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. | 13           |
| <b>Всего за 9 семестр</b> |   |  | 93           |

## 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>9</b> |                 |   | ТекК |   |   | ДР | ДЗ |   | ТекК | ДР |    | ТекК, ДЗ |    |    |    | ДР |    |

Условные обозначения:

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

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

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

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Е. Иванов. Задачник по физике. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015, 10 экз.
2. А. Н. Волков. . Введение в кинетическую теорию разреженного газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004, 152 экз.
3. А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию разреженного газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 161 экз.
4. Б. В. Алексеев, А. М. Гришин. . Физическая газодинамика реагирующих сред. М.: Высш. шк., 1985, 5 экз.
5. Б. В. Алексеев, А. М. Гришин. . Физическая газодинамика реагирующих сред. М.: Высш. шк., 1985, эл. рес.
6. В. И. Дронг, В. В. Дубинин, М. М. Ильин. . Курс теоретической механики. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, 150 экз.
7. Г. В. Белов. . Термодинамика. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
8. Д. Л. Фёдоров, Ю. Н. Лазарева, В. Г. Средин. . Физика. Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 152 экз.
9. Н. М. Цирельман. . Техническая термодинамика. Санкт-Петербург: Лань, 2021, эл. рес.
10. Н. Н. Никитин. . Курс теоретической механики. М.: Высш. шк., 1990, 85 экз.
11. Н. Ш. Кремер. Теория вероятностей и математическая статистика. Ч. 1 Теория вероятностей. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, , эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Н. А. Брыков, Е. М. Герлиман, В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты. СПб.: НИЦ АРТ, 2020, 1 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Вестник академии военных наук.

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

1. <https://ura.it.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <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](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. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
2. Google Chrome;
3. Matlab 2015a SP1;
4. Microsoft Office.



#### 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. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
3. Google Chrome;
4. Matlab 2015a SP1;
5. Microsoft Office.

### **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 **ТЕОРИЯ РАЗРЕЖЕННОГО ГАЗА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.04.05 *Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-2.01 способность проводить анализ газодинамических и теплообменных процессов, сопровождающих работу энергоустановок авиационной и ракетно-космической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами описания взаимодействия бесструктурных молекул простого газа, а также методами и основными результатами элементарной кинетической теории и элементарной теории процессов переноса.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее 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 (**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. |
|--|---|--------------------|
| <b>Раздел 1. Модель простого газа.</b>                               |   |                    |
| Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. | Б. В. Алексеев, А. М. Гришин. . Физическая газодинамика реагирующих сред: М.: Высш. шк., 1985 (1)<br>А. Н. Волков. . Введение в кинетическую теорию разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (1)<br>Д. Л. Фёдоров, Ю. Н. Лазарева, В. Г. Средин. . Физика. Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1-2)<br>Б. В. Алексеев, А. М. Гришин. . Физическая газодинамика реагирующих сред: М.: Высш. шк., 1985 (1)<br>Н. А. Брыков, Е. М. Герлиман, В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.: НИЦ АРТ, 2020 (1-2) | 15                 |
| Итого по разделу 1   |   | 15                 |
| <b>Раздел 2. Элементарная кинетическая теория.</b>                   |   |                    |
| Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. | А. Е. Иванов. Задачник по физике. Механика. Молекулярная физика и термодинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015 (1-3)<br>Н. М. Цирельман. . Техническая термодинамика: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (1-3)<br>Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2020 (1-3)<br>А. Н. Волков. . Введение в кинетическую теорию разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (2)   | 15                 |
| Итого по разделу 2   |   | 15                 |
| <b>Раздел 3. Функция распределения и макроскопические параметры.</b> |   |                    |
| Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. | Н. Н. Никитин. . Курс теоретической механики: М.: Высш. шк., 1990 (1-3)<br>В. И. Дронг, В. В. Дубинин, М. М. Ильин. . Курс теоретической механики: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (1-3)<br>А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1)<br>Н. Ш. Кремер. Теория вероятностей и математическая статистика. Ч. 1 Теория вероятностей: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, (1-3)  | 15                 |
| Итого по разделу 3   |   | 15                 |
| <b>Раздел 4. Кинетическое уравнение Больцмана.</b>                   |   |                    |
| Изучение дидактических   | А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию  | 15                 |

|  |  |    |
|--|--|----|
| единиц данного раздела,<br>работа с литературой.                           | разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф.<br>Устинова, 2006 (2)  |    |
| Итого по разделу 4   |  | 15 |
| <b>Раздел 5. Состояния равновесия.</b>                                     |  |    |
| Изучение дидактических<br>единиц данного раздела,<br>работа с литературой. | Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2020 (2-4)<br>А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию<br>разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф.<br>Устинова, 2006 (3) | 10 |
| Итого по разделу 5   |  | 10 |
| <b>Раздел 6. Постановка задач для уравнения Больцмана.</b>                 |  |    |
| Изучение дидактических<br>единиц данного раздела,<br>работа с литературой. | А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию<br>разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф.<br>Устинова, 2006 (4)  | 10 |
| Итого по разделу 6   |  | 10 |
| <b>Раздел 7. Макроскопические уравнения переноса.</b>                      |  |    |
| Изучение дидактических<br>единиц данного раздела,<br>работа с литературой. | А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию<br>разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф.<br>Устинова, 2006 (5)  | 13 |
| Итого по разделу 7   |  | 13 |

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее 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

Текущий контроль (ТК) проводится с использованием тестовых заданий и вопросов. Вопросы для текущего контроля входят в состав УМК дисциплины.

В тестировании используется 10 вопросов по разделам дисциплины.

Оценка усвоения дисциплины проводится по 100 бальной шкале:

- рейтинг теста меньше 30 баллов (ответ на 5 и менее вопросов) – ТК не сдан,
- рейтинг теста от 30 до 60 баллов (ответ на 6 вопросов) – дополнительное собеседование (2 вопроса), при положительных ответах ТК сдан;
- рейтинг теста от 60 до 100 баллов (ответ на 7 и более вопросов) – ТК сдан.

#### Домашнее задание

Пояснительная записка к домашнему заданию представляется в печатной форме с использованием редактора Word (приложение 4).

Критерии оценивания (в 100-бальной системе):

- правильный расчёт, оформление результатов в соответствии с требованиями и их защита – 100 баллов, основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 50 до 20 являются:
- неуверенная защита результатов расчёта – 20;
- неполный или отсутствующий перечень выводов и предложений по содержанию задания – 30;
- небрежное выполнение пояснительной записки – 30,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба графиков, отсутствие указания единиц измерения на графиках) – 30.

Требования к защите ДЗ: Защита ДЗ осуществляется на уровне собеседования с преподавателем в свободной форме “вопрос - ответ”. Перечень контрольных вопросов прилагается к заданию.

Вес контрольных этапов выполнения ДЗ:

- активность и самостоятельность в ходе выполнения ДЗ – 25%;
- оформление пояснительной записки к ДЗ – 15%;
- своевременное выполнение ДЗ по графику контрольных мероприятий – 20%;
- уровень защиты результатов, ответов на контрольные вопросы – 50%.

При наборе выше 75% домашнее задание считается выполненным.

#### Экзамен

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме экзамена, к которому допускается обучающийся при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий. Экзамен проводится в форме ответов на 2 вопроса экзаменационного билета. Комплект билетов входит в состав УМК дисциплины. Итоги сдачи экзамена оцениваются следующим образом:

- полный правильный ответ на оба вопроса – отлично;
- полный правильный ответ на один из вопросов с дополнительным собеседованием по второму – хорошо;
- неполные ответы на оба вопроса с дополнительным собеседованием по их тематике –

удовлетворительно;

– неправильные ответы и не готовность к собеседованию по темам билета – 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 |                                  | ПСК-2.01                   |   |
| 5                   | 9       | Раздел 1. Модель простого газа.                               | 23    | 8                                     | 5      | 3                    | 15                               | 20                         | Вопросы для текущего контроля                   |
| 5                   | 9       | Раздел 2. Элементарная кинетическая теория.                   | 23    | 8                                     | 5      | 3                    | 15                               | 10                         | Вопросы для текущего контроля                   |
| 5                   | 9       | Раздел 3. Функция распределения и макроскопические параметры. | 22    | 7                                     | 5      | 2                    | 15                               | 10                         | Вопросы для текущего контроля                   |
| 5                   | 9       | Раздел 4. Кинетическое уравнение Больцмана.                   | 22    | 7                                     | 5      | 2                    | 15                               | 15                         | Вопросы для текущего контроля, Домашнее задание |
| 5                   | 9       | Раздел 5. Состояния равновесия.                               | 17    | 7                                     | 5      | 2                    | 10                               | 15                         | Вопросы для текущего контроля                   |
| 5                   | 9       | Раздел 6. Постановка задач для уравнения Больцмана.           | 17    | 7                                     | 5      | 2                    | 10                               | 15                         | Вопросы для текущего контроля                   |
| 5                   | 9       | Раздел 7. Макроскопические уравнения переноса.                | 20    | 7                                     | 4      | 3                    | 13                               | 15                         | Вопросы для текущего контроля, Домашнее задание |
| Всего за 9 семестр  |         |   | 144   | 51                                    | 34     | 17                   | 93                               | 100                        |   |
| Всего по дисциплине |         |   | 144   | 51                                    | 34     | 17                   | 93                               | 100                        |   |