

МИНОБРАЗОВАНИЯ 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.
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН ВЫСОКОЭНТАЛЬПИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика
Специализация/профиль/программа подготовки	Гидроаэродинамика
Уровень высшего образования	Бакалавриат
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 (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	
4	8	3	108	52	26	13	13	56	0	0	56	ЭКЗ.

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Юнаков Л. П.
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН ВЫСОКОЭНТАЛЬПИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика
Специализация/профиль/программа подготовки	Гидроаэродинамика
Уровень высшего образования	Бакалавриат
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 (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	
4	8	3	108	52	26	13	13	56	0	0	56	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Чернышов Михаил Викторович, д.т.н., доцент, 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

ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН ВЫСОКОЭНТАЛЬПИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

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-2.1 — Способность разрабатывать физические и математические модели совокупности процессов аэрогазодинамики и теплообмена

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-2.1

знания:

Теоретические сведения, позволяющие оценить внешние динамические и тепловые нагрузки на поверхность двигательной установки летательного аппарата;

умения:

Расчет газодинамических процессов при взаимодействии высокоэнтальпийного потока с летательным аппаратом;;

навыки:

Оценка аэродинамических характеристик, механических и тепловых нагрузок на воздухозаборник энергетической установки гиперзвукового летательного аппарата.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН ВЫСОКОЭНТАЛЬПИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕПЛОПЕРЕДАЧА, ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА, АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ И ТЕПЛОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники
- ОПК-6 — Способен использовать современные подходы и методы решения задач ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров
- ПСК-2.2 — Способность понимать физическую сущность аэрогазодинамических процессов и процессов теплообмена и разрабатывать методологии исследований элементов конструкции изделий авиационной и ракетно-космической техники

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	Лабораторный практикум	Практические занятия		
4	8	Раздел 1. Общие сведения о высокоэнтальпийных процессах. Классическая теория течений с большими сверхзвуковыми скоростями. Историческая справка. Место отечественных ученых в развитии данной области знаний. Течения газа с большой сверхзвуковой скоростью. Толщина ударного слоя. Предельное решение для тонкого ударного слоя. Закон сопротивления Ньютона, формула Буземана, метод пограничного слоя и закон плоских сечений. Использование конечных соотношений на газодинамических разрывах. Влияние малого затупления кромки летательного аппарата. Оптимизация аэродинамических форм, связь с теорией оптимальных ударно-волновых систем и взаимодействия газодинамических разрывов.	15	7	4	0	3	8	20
4	8	Раздел 2. Физические и математические модели гиперзвуковых течений. Физико-химические процессы в газе при гиперзвуковых скоростях полёта. Физические модели течения неравновесных смесей газов. Скорости релаксации и химических реакций. Полная система уравнений движения газа с физико-химическими превращениями.	19	10	6	0	4	9	20
4	8	Раздел 3. Основные виды и свойства течений, формирующихся при обтекании тел гиперзвуковым потоком. Сильные ударные волны. Зона релаксации за ударным фронтом. Структура и некоторые свойства уравнений течения реального газа. Простые волны в замороженных и равновесных течениях. Парадокс двух скоростей звука. Центрированная волна в неравновесном газе. Общий закон подобия гиперзвукового обтекания тел несовершенным реальным газом.	25	12	6	4	2	13	20
4	8	Раздел 4. Вязкие гиперзвуковые течения. Интегральный учет влияния реальных свойств газа в высокоэнтальпийном слое. Пространственные течения около притуплённых тел. Треугольная пластина с притуплёнными кромками. Классификация режимов обтекания гиперзвукового аппарата. Вязкий ударный слой. Режимы взаимодействия, пограничного слоя, переходный и свободномолекулярный. Роль учета вязко-невязкого взаимодействия в задачах современной гиперзвуковой аэродинамики. Методы локальной газодинамики в гиперзвуковых течениях.	28	14	6	6	2	14	20
4	8	Раздел 5. Тепловые потоки к поверхности гиперзвукового летательного аппарата. Некоторые методы расчёта конвективных тепловых потоков к простейшим телам. Соотношения, описывающие ламинарный и турбулентный слой на клине. Формулы Фэя-Риддела, Кемпа-Риддела. Радиационно-равновесная температура. Формулы Артура и Уильямса. Решение Гулларда для замороженного пограничного слоя на каталитической стенке, Ингера - с учётом реакций в пограничном слое и на стенке. Особенности ламинарно-турбулентного перехода в гиперзвуковых течениях. Реламинизация.	21	9	4	3	2	12	20
Всего за 8 семестр			108	52	26	13	13	56	100
Всего по дисциплине			108	52	26	13	13	56	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Общие сведения о высокоэнтальпийных процессах. Классическая теория течений с большими сверхзвуковыми скоростями.	Основы метода характеристик для расчета течений газа с большой сверхзвуковой скоростью. Элементарные задачи метода характеристик	3
2	Раздел 2. Физические и математические модели гиперзвуковых течений.	Прямая задача расчета газовых течений с большой сверхзвуковой скоростью	2
3		Расчет взаимодействия косого скачка уплотнения с последующей волной разрежения или сжатия	2
4	Раздел 3. Основные виды и свойства течений, формирующихся при обтекании тел гиперзвуковым потоком.	Расчет аэродинамических характеристик плоского тела, совершающего полет с большой сверхзвуковой скоростью, по самостоятельно разработанным программам	2
5	Раздел 4. Вязкие гиперзвуковые течения.	Расчет аэродинамических характеристик плоского тела, совершающего полет с большой сверхзвуковой скоростью, с использованием метода волн и скачков	2

6	Раздел 5. Тепловые потоки к поверхности гиперзвукового летательного аппарата.	Сравнение результатов расчета аэродинамических характеристик плоского тела, полученных различными методами. Анализ результатов, полученных в ходе практических занятий и лабораторных работ, оформление и защита отчёта	2
Всего за 8 семестр			13

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Основные виды и свойства течений, формирующихся при обтекании тел гиперзвуковым потоком.	Расчет аэродинамических характеристик плоского тела, совершающего полет с большой сверхзвуковой скоростью, с помощью прикладных программных пакетов вычислительной аэрогазодинамики	4
2	Раздел 4. Вязкие гиперзвуковые течения.	Расчет аэродинамических характеристик плоского тела, совершающего полет с большой сверхзвуковой скоростью, с использованием метода Ньютона (приближение «ньютоновского ударного слоя»)	3
3		Расчет аэродинамических характеристик плоского тела, совершающего полет с большой сверхзвуковой скоростью, с использованием метода касательных клиньев	3
4	Раздел 5. Тепловые потоки к поверхности гиперзвукового летательного аппарата.	Расчет аэродинамических характеристик плоского тела, совершающего полет с гиперзвуковой скоростью, с учетом физико-химических превращений	3
Всего за 8 семестр			13

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общие сведения о высокоэнталийных процессах. Классическая теория течений с большими сверхзвуковыми скоростями.	Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы.	8
2	Раздел 2. Физические и математические модели гиперзвуковых течений.	Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы	9
3	Раздел 3. Основные виды и свойства течений, формирующихся при обтекании тел гиперзвуковым потоком.	Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы. Подготовка к лабораторным работам и написание отчёта.	13
4	Раздел 4. Вязкие гиперзвуковые течения.	Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы. Подготовка к лабораторным работам и написание отчёта.	14
5	Раздел 5. Тепловые потоки к поверхности гиперзвукового летательного аппарата.	Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы. Подготовка к лабораторным работам и написание отчёта.	12
Всего за 8 семестр			56

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8			ЛР, ТекК			ДР	ЛР, ТекК			ДР		ТекК	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля.

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

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

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. Аэродинамика. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017, эл. рес.
2. А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, эл. рес.
3. В. Д. Беркут, В. М. Дорошенко, В. В. Ковтун. . Неравновесные физико-химические процессы в гиперзвуковой аэродинамике. М.: Энергоатомиздат, 1994, эл. рес.
4. В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
5. И. А. Балаганский. . Основы баллистики и аэродинамики. Новосибирск: НГТУ, 2017, эл. рес.
6. К. Н. Волков, В. И. Запрягаев, В. Н. Емельянов. . Визуализация данных физического и математического моделирования в газовой динамике. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018, 6 экз.
7. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, 63 экз.
8. М. Г. Моисеев. . Трение и теплообмен в аэродинамике. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, эл. рес.
9. М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
10. С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. . Гиперзвуковая аэродинамика. Оренбург: Изд-во ОГУ, 2017, эл. рес.
11. Ю. К. Меньшаков. . Гиперзвуковые летательные аппараты и воздушно-космические системы. М.: Спутник +, 2018, эл. рес.
12. Ю. М. Циркунов, Н. В. Тарасова. . Методы возмущений в задачах аэродинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, 39 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. В. В. Лунёв. . Течение реальных газов с большими скоростями. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007, 3 экз.

5.3. Периодические издания:

1. Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук.

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

1. <http://library.voenmeh.ru/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

Современные профессиональные базы данных:

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

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Matlab 2015a SP1.

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. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Matlab 2015a SP1.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Установка для изучения истечения газа из баллона.

6.4. 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 **ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН ВЫСОКОЭНТАЛЬПИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика**. 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-2.1 Способность разрабатывать физические и математические модели совокупности процессов аэрогидрогазодинамики и теплообмена.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с газовой динамикой и теплообменом в высокоэнтальпийных процессах, связанных с полетом перспективных гиперзвуковых аппаратов. Материал дисциплины должен быть представлен на уровне, необходимом для самостоятельного проведения исследований и разработок в области перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов и, в частности, их двигательных установок. Важной частью содержания дисциплины является ознакомление студентов с возможностями применения численного моделирования высокоэнтальпийных процессов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

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

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**26 ч.**), практические занятия (**13 ч.**), лабораторный практикум (**13 ч.**), самостоятельная работа студента (**56 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 52 ч. аудиторных занятий, и 56 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. Общие сведения о высокоэнтальпийных процессах. Классическая теория течений с большими сверхзвуковыми скоростями.		
Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы.	<p>М. Г. Моисеев. . Трение и теплообмен в аэродинамике: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1)</p> <p>И. А. Балаганский. . Основы баллистики и аэродинамики: Новосибирск: НГТУ, 2017 (1, 2)</p> <p>В. В. Лунёв. . Течение реальных газов с большими скоростями: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 (1)</p> <p>С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. . Гиперзвуковая аэродинамика: Оренбург: Изд-во ОГУ, 2017 (1, 2)</p> <p>Ю. К. Меньшаков. . Гиперзвуковые летательные аппараты и воздушно-космические системы: М.: Спутник +, 2018 (1, 2)</p> <p>А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (1, 2)</p> <p>В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1)</p> <p>К. Н. Волков, В. И. Запрягаев, В. Н. Емельянов. . Визуализация данных физического и математического моделирования в газовой динамике: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018 (1)</p>	8
Итого по разделу 1		8
Раздел 2. Физические и математические модели гиперзвуковых течений.		
Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы	<p>В. В. Лунёв. . Течение реальных газов с большими скоростями: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 (3)</p> <p>В. Д. Беркут, В. М. Дорошенко, В. В. Ковтун. . Неравновесные физико-химические процессы в гиперзвуковой аэродинамике: М.: Энергоатомиздат, 1994 (1, 2)</p> <p>В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4,5)</p> <p>С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. .</p>	9

	Гиперзвуковая аэродинамика: Оренбург: Изд-во ОГУ, 2017 (3)	
Итого по разделу 2		9
Раздел 3. Основные виды и свойства течений, формирующихся при обтекании тел гиперзвуковым потоком.		
Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы. Подготовка к лабораторным работам и написание отчёта.	<p>К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (3)</p> <p>В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (5)</p> <p>М. Г. Моисеев. . Трение и теплообмен в аэродинамике: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (5,6)</p> <p>С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. . Гиперзвуковая аэродинамика: Оренбург: Изд-во ОГУ, 2017 (4)</p> <p>В. В. Лунёв. . Течение реальных газов с большими скоростями: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 (3)</p>	13
Итого по разделу 3		13
Раздел 4. Вязкие гиперзвуковые течения.		
Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы. Подготовка к лабораторным работам и написание отчёта.	<p>А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (3, 4)</p> <p>В. В. Лунёв. . Течение реальных газов с большими скоростями: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 (4)</p> <p>М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3,4)</p> <p>С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. . Гиперзвуковая аэродинамика: Оренбург: Изд-во ОГУ, 2017 (4)</p> <p>Ю. М. Циркунов, Н. В. Тарасова. . Методы возмущений в задачах аэродинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1)</p>	14
Итого по разделу 4		14
Раздел 5. Тепловые потоки к поверхности гиперзвукового летательного аппарата.		
Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы. Подготовка к лабораторным работам и написание отчёта.	<p>М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (2)</p> <p>К. Н. Волков, В. И. Запрягаев, В. Н. Емельянов. . Визуализация данных физического и математического моделирования в газовой динамике: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018 (1-3)</p> <p>А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (1)</p>	12
Итого по разделу 5		12

