

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
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.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
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)**

24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

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 НЕСТАЦИОНАРНЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

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-1.1 — способность использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов энергетических установок авиационной и ракетно-космической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.1

знания:

Теория нестационарных и акустических процессов в энергетических установках авиационной и ракетно-космической техники;;

умения;

умения:

Построение математических моделей нестационарных газодинамических процессов в энергетических установках;;

навыки:

Владение основными аналитическими и численными методами решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем; основными методами теоретического и численного исследования физических и термохимических явлений, методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **НЕСТАЦИОНАРНЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ГАЗОВЫЕ СМЕСИ И ДВУХФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ, СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГИДРОАЭРОДИНАМИКЕ, 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 анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники
- ПСК-1.1 — Способен использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов энергетических установок авиационной и ракетно-космической техники
- ПСК-1.2 — Способен разрабатывать физические и математические модели процессов, протекающих в двигателях и энергоустановках летательных аппаратов
- ПСК-1.3 — Способен выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов
- ПСК-1.4 — Способен проводить анализ тепловых и газодинамических процессов с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования

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		ПСК-1.1
4	8	Раздел 1. Математический аппарат нестационарной газовой динамики. Стационарные и нестационарные физические процессы. Число Струхала. Вывод уравнений нестационарной газовой динамики. Одномерные течения с плоской, осевой и сферической симметрией. Уравнения нестационарной газовой динамики в консервативной (дивергентной) и характеристической форме. Характеристики уравнений газовой динамики и их физический смысл. Отображение нестационарных газодинамических процессов на «плоскости событий».	18	8	4	2	2	10	25
4	8	Раздел 2. Газодинамические разрывы. Газодинамические разрывы. Условия совместности на контактных разрывах и ударных волнах. Основные соотношения, описывающие динамику ударной волны, её свойства и параметры спутного потока за ней. Способы задания ударной волны. Понятие о слабом разрыве и условия совместности на его поверхности. Акустическая теория ударных волн. Взрывная волна и ее свойства. Структура ударной волны («N-волна»), причины ее формирования. Автомодельность газодинамических процессов при взрыве (закон «кубического корня»). Переменные Садовского-Гопкинсона, Сахса. Эмпирические соотношения, описывающие параметры взрывной волны. Косая ударная волна. Нормальное, регулярное и нерегулярное отражение косых ударных волн. Отражение взрывной волны при приповерхностном взрыве. Соответствие между отражением косых ударных (взрывных) волн и косых скачков уплотнения.	27	16	8	4	4	11	25
4	8	Раздел 3. Волны Римана. Особые свойства бегущих волн. Инварианты Римана. Прямая и обратная теоремы о простых волнах. Простые волны разрежения и сжатия. Способы задания волн Римана. Центрированные волны, «градиентная катастрофа» течения, зарождение ударных волн в поле течения волны сжатия. Свойства особых ударных волн и волн Римана. Экстремальные параметры течения за бегущими волнами. Фокусировка ударных волн. Использование фокусировки ударных и взрывных волн для усиления механического воздействия. Элементарная теория детонационной волны. Основные закономерности и уравнения теории волн детонации и дефлаграции.	31	16	8	4	4	15	25
4	8	Раздел 4. Взаимодействие газодинамических разрывов и бегущих волн. Задача Римана о распаде разрыва, ее прикладное значение, включая задачи вычислительной гидрогазодинамики. Сводимость взаимодействия газодинамических разрывов к задаче Римана. Взаимодействие догоняющих и встречных ударных волн. Рефракция ударной волны на контактном разрыве. Понятие акустического импеданса и его физический смысл. Влияние пористых экранов и преград на параметры ударной волны. Практические занятия: Механическое воздействие взрывных волн. Ноксология взрыва. Расчёт поражающих факторов (влияние взрывной волны на животных, поражающие факторы взрыва топливно-воздушной смеси).	32	12	6	3	3	20	25
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. Математический аппарат нестационарной газовой динамики.	Задачи метода характеристик, начальные и граничные условия	2
2	Раздел 2. Газодинамические разрывы.	Разнообразие элементарных задач метода характеристик и способы их численного решения	4
3	Раздел 3. Волны Римана. Особые свойства бегущих волн.	Задача о распаде разрыва в ударной трубе и методы ее решения. Применение задачи о распаде разрыва в разностных схемах вычислительной гидрогазодинамики. Схемы С.К. Годунова, Ошера-Соломона	4
4	Раздел 4. Взаимодействие газодинамических	Анализ, оформление, защита и обсуждение результатов, достигнутых при выполнении предшествующих практических занятий и лабораторных работ	3

	разрывов и бегущих волн.	
Всего за 8 семестр		13

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Математический аппарат нестационарной газовой динамики.	Решение первой элементарной задачи метода характеристик	2
2	Раздел 2. Газодинамические разрывы.	Расчет распространения воздушной ударной волны методом «взрывающегося объема» с помощью программных пакетов вычислительной гидрогазодинамики	4
3	Раздел 3. Волны Римана. Особые свойства бегущих волн.	Расчет распада разрыва давления в ударной трубе и последующих газодинамических процессов. Экспериментальная верификация полученных результатов	4
4	Раздел 4. Взаимодействие газодинамических разрывов и бегущих волн.	Математическое моделирование динамики поршня в вертикальной или наклонной ударной трубе. Оформление и защита отчетов по выполненным лабораторным работам	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. Математический аппарат нестационарной газовой динамики.	Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы	5
2		Выполнение лабораторной работы 1.	5
3	Раздел 2. Газодинамические разрывы.	Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы	5
4		Выполнение лабораторной работы 2.	3
5		Выполнение лабораторной работы 3.	3
6		Выполнение лабораторной работы 4	3
7		Выполнение лабораторной работы 5	3
8	Раздел 3. Волны Римана. Особые свойства бегущих волн.	Выполнение расчёта процессов, протекающих в ударной трубе, в рамках одномерной математической модели в соответствии с индивидуальным заданием	3
9		Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы	6
10		Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы	6
11	Раздел 4. Взаимодействие газодинамических разрывов и бегущих волн.	Выполнение лабораторной работы 6	5
12		Выполнение расчёта процессов, протекающих в ударной трубе, в рамках одномерной математической модели в соответствии с индивидуальным заданием. Сравнение полученных результатов с результатами вычислительных экспериментов, моделирующих распад разрыва в двумерной и трехмерной осесимметричных постановках. Защита выполненных работ.	9
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
8		ЛР	ТекК	ЛР	ЛР	ДР	ЛР	ТекК	ТекК	ДР		ЛР, Зад. СРС

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Зад. СРС – задания для самостоятельной работы.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы для текущего контроля;
- задания для самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Теория горения и взрыва. Москва: Юрайт, 2019, эл. рес.
2. В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 70 экз.
3. Е. А. Знаменский. . Ударное и кумулятивное действие артиллерийских боеприпасов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 51 экз.
4. Е. А. Знаменский. . Ударное и кумулятивное действие артиллерийских боеприпасов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
5. Н. В. Быков. . Газовая динамика. Одномерные течения совершенного газа. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Б. Е. Гельфанд, М. В. Сильников. . Баротермическое действие взрывов. СПб.: Астерион, 2006, 2 экз.

5.3. Периодические издания:

1. Вопросы оборонной техники. Серия 16;
2. 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.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

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

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;
2. Установка длинный трубопровод для определения коэффициента трения;
3. Matlab 2015a SP1;
4. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced.

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 **НЕСТАЦИОНАРНЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.05 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-1.1 способность использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов энергетических установок авиационной и ракетно-космической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математическим и вычислительным моделированием нестационарных газодинамических процессов, основами проведения акустических измерений и обработки экспериментальных данных.

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;
- задания для самостоятельной работы.

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. Математический аппарат нестационарной газовой динамики.		
Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы	В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1,2)	5
Выполнение лабораторной работы 1.	. Теория горения и взрыва: Москва: Юрайт, 2019 (1)	5
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Газодинамические разрывы.		
Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы	. Теория горения и взрыва: Москва: Юрайт, 2019 (2) В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2)	5
Выполнение лабораторной работы 2.	Б. Е. Гельфанд, М. В. Сильников. . Баротермическое действие взрывов: СПб.: Астерион, 2006 (2) Е. А. Знаменский. .	3
Выполнение лабораторной работы 3.	Ударное и кумулятивное действие артиллерийских боеприпасов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1, 2)	3
Итого по разделу 2		11
Раздел 3. Волны Римана. Особые свойства бегущих волн.		
Выполнение лабораторной работы 4	. Теория горения и взрыва: Москва: Юрайт, 2019 (3)	3
Выполнение лабораторной работы 5	В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (3, 4, 8)	3
Выполнение расчёта процессов, протекающих в ударной трубе, в рамках одномерной математической модели в соответствии с индивидуальным заданием	Е. А. Знаменский. .	6
Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы		

	Ударное и кумулятивное действие артиллерийских боеприпасов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (3, 4)	
Итого по разделу 3		15
Раздел 4. Взаимодействие газодинамических разрывов и бегущих волн.		
Проработки лекционного материала и учебно-методической литературы	Н. В. Быков. . Газовая динамика. Одномерные течения совершенного газа: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (1-3)	6
Выполнение лабораторной работы 6	В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (5-7)	5
Выполнение расчёта процессов, протекающих в ударной трубе, в рамках одномерной математической модели в соответствии с индивидуальным заданием. Сравнение полученных результатов с результатами вычислительных экспериментов, моделирующих распад разрыва в двумерной и трехмерной осесимметричных постановках. Защита выполненных работ.	. Теория горения и взрыва: Москва: Юрайт, 2019 (4) Б. Е. Гельфанд, М. В. Сильников. . Баротермическое действие взрывов: СПб.: Астерион, 2006 (3-6, 8)	9
Итого по разделу 4		20

