

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ГАЗОВЫЕ СМЕСИ И ДВУХФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

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	7	3	108	51	17	0	34	57	0	0	57	ЭКЗ.

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ГАЗОВЫЕ СМЕСИ И ДВУХФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

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	7	3	108	51	17	0	34	57	0	0	57	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
Овчинникова Ольга Константиновна, к.т.н., доцент

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 ГАЗОВЫЕ СМЕСИ И ДВУХФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

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-2.3 — Способность к выполнению расчетов и экспериментов, а также оформлению результатов исследований и разработок по аэрогидрогазодинамике и процессам теплообмена для элементов конструкции изделий авиационной и ракетно-космической техники
--

ПСК-2.4 — Способность проводить исследования по аэрогидрогазодинамике и процессам теплообмена с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования
--

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-2.3

знания:

основные уравнения гидрогазодинамики и тепломассопереноса, принимаемые допущения; методики расчета газодинамических и термодинамических процессов внутренней газодинамики энергоустановок и двигателей летательных аппаратов;

умения:

разрабатывать физические, математические, численные модели газодинамических и термодинамических процессов внутренней газодинамики энергоустановок и двигателей летательных аппаратов;

навыки:

физико-математического моделирования течений в энергоустановках; проведения типовых расчетов газодинамики и тепломассообмена.

ПСК-2.4

знания:

области применения современных пакетов тяжелого класса для решения практических задач, современные объектно-ориентированные технологии в обработке информации и научно-технических расчётах;

умения:

использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин; строить математические модели физических явлений и химических процессов;

навыки:

применения программных средств вычислительного моделирования и информационных технологий для решения практических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ГАЗОВЫЕ СМЕСИ И ДВУХФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ** 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: **ТЕРМОДИНАМИКА, МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА, РАЗНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ, ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОБМЕН ВЫСОКОЭНТАЛЬПИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ**.

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
- ОПК-8 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

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	Практические занятия		ПСК-2.3	ПСК-2.4
4	7	Раздел 1. Введение в дисциплину. Основные уравнения термодинамики. Модель термически совершенного газа. Физические параметры газа. Смеси идеальных газов.	22	5	3	2	17	20	20
4	7	Раздел 2. Моделирование газовых смесей. Общие сведения о расчёте свойств газов. Уравнения состояния реальных газов. Равновесный состав газовой смеси и подходы к его расчёту. Атмосферный воздух как пример газовой смеси. Модели многокомпонентного высокотемпературного воздуха.	45	25	7	18	20	40	40
4	7	Раздел 3. Течения газа с частицами. Сопротивление и теплообмен частицы в газовом потоке. Формулы Стокса, Озеена, Хендерсона. Математические модели двухфазных течений. Континуальный подход, траекторный подход, кинетический подход. Методы описания турбулентных течений газовзвеси.	41	21	7	14	20	40	40
Всего за 7 семестр			108	51	17	34	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение в дисциплину.	Расчёт параметров термически совершенного газа и газовых смесей.	2
2	Раздел 2. Моделирование газовых смесей.	Использование моделей идеального и реального газа в вычислительных программных комплексах.	6
3		Пользовательские функции и базы данных в современных программных комплексах. Использование результатов расчета равновесного состава газовой смеси в задачах внешнего обтекания тел высокоскоростным потоком. Импортирование и анализ результатов расчета.	6
4		Моделирование высокоскоростного движения твердого тела в атмосфере Земли: построение геометрической и сеточной моделей для задачи внешнего обтекания тела; плоская двумерная и осесимметричная постановки; типы граничных условий.	6
5	Раздел 3. Течения газа с частицами.	Вычислительное моделирование течений газа с частицами. Построение геометрической и сеточной моделей. Особенности задания начальных и граничных условий. Характеристики дисперсной фазы.	10
6		Визуализация течения газа с частицами и анализ полученных результатов.	4
Всего за 7 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение в дисциплину.	Основные уравнения термодинамики. Расчёт параметров термически совершенного газа и газовых смесей.	17
2	Раздел 2. Моделирование	Общие сведения о расчёте свойств газов. Уравнения состояния реальных газов. Равновесный состав газовой смеси и подходы к его	20

	газовых смесей.	расчёту. Атмосферный воздух как пример газовой смеси. Модели многокомпонентного высокотемпературного воздуха. Моделирование высокоскоростного движения твердого тела в атмосфере Земли: построение геометрической и сеточной моделей для задачи внешнего обтекания тела; плоская двумерная и осесимметричная постановки; типы граничных условий. Использование моделей идеального и реального газа в вычислительных программных комплексах. Пользовательские функции и базы данных в современных программных комплексах. Использование результатов расчета равновесного состава газовой смеси в задачах внешнего обтекания тел высокоскоростным потоком. Импорт и анализ результатов расчета. Оформление отчёта по индивидуальному заданию.	
3	Раздел 3. Течения газа с частицами.	Сопротивление и теплообмен частицы в газовом потоке. Формулы Стокса, Озеена, Хендерсона. Математические модели двухфазных течений. Континуальный подход, траекторный подход, кинетический подход. Методы описания турбулентных течений газозвеси. Вычислительное моделирование течений газа с частицами. Построение геометрической и сеточной моделей. Особенности задания начальных и граничных условий. Характеристики дисперсной фазы. Визуализация течения газа с частицами и анализ полученных результатов. Оформление отчёта по индивидуальному заданию.	20
Всего за 7 семестр			57

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
7						ДР				ДР					Зад. СРС	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Зад. СРС – задания для самостоятельной работы.

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

- диагностическая работа;
- задания для самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Сахин. . Термодинамика энергетических систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
2. В. Д. Беркут, В. М. Дорошенко, В. В. Ковтун. . Неравновесные физико-химические процессы в гиперзвуковой аэродинамике. М.: Энергоатомиздат, 1994, эл. рес.
3. В. Н. Казин, Е. М. Плисс, А. И. Русаков. . Физическая химия. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
4. Г. В. Белов. . Термодинамика. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
5. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, 63 экз.
6. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, 9 экз.
7. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Двухфазные течения. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
8. О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Газовые смеси и двухфазные течения. СПб.: НИЦ АРТ, 2022, эл. рес.
9. О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Численное моделирование газовых смесей и двухфазных течений. СПб.: НИЦ АРТ, 2022, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Краткий справочник физико-химических величин. Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1983, 3 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;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru> — Главная – 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.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. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Matlab 2015a SP1;
3. Microsoft Office;
4. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
5. Open Office;
6. WPS Office;
7. Octava.

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 2019 Teaching Advanced;
3. Matlab 2015a SP1;
4. Microsoft Office;
5. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
6. Open Office;
7. WPS Office;
8. Octava.

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 **ГАЗОВЫЕ СМЕСИ И ДВУХФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ** 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-2.3 Способность к выполнению расчетов и экспериментов, а также оформлению результатов исследований и разработок по аэрогидрогазодинамике и процессам теплообмена для элементов конструкции изделий авиационной и ракетно-космической техники;

ПСК-2.4 Способность проводить исследования по аэрогидрогазодинамике и процессам теплообмена с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с моделированием газодинамических и тепломассообменных процессов в аэрокосмической технике, протекающих в условиях высокой интенсивности и взаимовлияния факторов различной физической природы. В курсе рассматриваются вопросы применения различных моделей сред, в том числе моделей реальных газов и методов описания многофазных систем. В рамках дисциплины предусмотрено освоение современных вычислительных программных средств и применение пользовательского программирования для уточнения применяемых моделей и повышения точности проведения вычислительных экспериментов и имитационного моделирования термогазодинамических процессов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- 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 (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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. Введение в дисциплину.		
Основные уравнения термодинамики. Расчёт параметров термически совершенного газа и газовых смесей.	. Краткий справочник физико-химических величин: Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1983 (1) Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2020 (1-3) В. В. Сахин. . Термодинамика энергетических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-4)	17
Итого по разделу 1		17
Раздел 2. Моделирование газовых смесей.		
Общие сведения о расчёте свойств газов. Уравнения состояния реальных газов. Равновесный состав газовой смеси и подходы к его расчёту. Атмосферный воздух как пример газовой смеси. Модели многокомпонентного высокотемпературного воздуха. Моделирование высокоскоростного движения твердого тела в атмосфере Земли: построение геометрической и сеточной моделей для задачи внешнего обтекания тела; плоская двумерная и осесимметричная постановки; типы граничных условий. Использование моделей идеального и реального газа в вычислительных программных комплексах. Пользовательские функции и базы данных в современных программных комплексах. Использование результатов расчета равновесного состава газовой смеси в задачах внешнего обтекания тел высокоскоростным потоком. Импорт и анализ результатов расчета. Оформление отчёта по индивидуальному заданию.	В. Н. Казин, Е. М. Плисс, А. И. Русаков. . Физическая химия: Москва: Юрайт, 2020 (1-3) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4) О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская,	20

	И. В. Тетерина. . Газовые смеси и двухфазные течения: СПб.: НИЦ АРТ, 2022 (1) О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Численное моделирование газовых смесей и двухфазных течений: СПб.: НИЦ АРТ, 2022 (1) В. Д. Беркут, В. М. Дорошенко, В. В. Ковтун. . Неравновесные физико- химические процессы в гиперзвуковой аэродинамике: М.: Энергоатомиздат, 1994 (1-3)	
Итого по разделу 2		20
Раздел 3. Течения газа с частицами.		
Сопротивление и теплообмен частицы в газовом потоке. Формулы Стокса, Озеена, Хендерсона. Математические модели двухфазных течений. Континуальный подход, траекторный подход, кинетический подход. Методы описания турбулентных течений газозвеси. Вычислительное моделирование течений газа с частицами. Построение геометрической и сеточной моделей. Особенности задания начальных и граничных условий. Характеристики дисперсной фазы. Визуализация течения газа с частицами и анализ полученных результатов. Оформление отчёта по индивидуальному заданию.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (1-4) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Двухфазные течения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-3)	20
Итого по разделу 3		20

