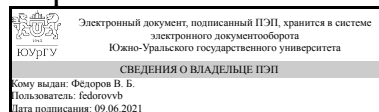


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Аэрокосмический



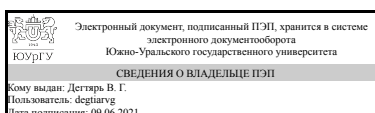
В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** Б.1.38 Динамика рабочих процессов в РКТ  
**для специальности** 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов  
**уровень** специалист **тип программы** Специалитет  
**специализация** Ракетные транспортные системы  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Летательные аппараты

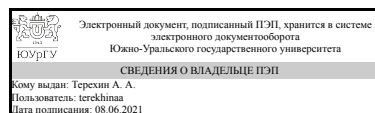
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



А. А. Терехин

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Курс "Динамика рабочих процессов в РКТ" в системе подготовки инженера составляет основу теоретической подготовки; предназначен для изучения теоретических основ анализа физических явлений, обучения грамотному применению положений физики к научному анализу ситуаций, с которыми инженеру придется сталкиваться при создании новых технологий в области РКТ, для приобретения навыков исследования физических явлений и процессов, а также выработки у студентов основ естественнонаучного мировоззрения. Совместно с курсами высшей математики, физики и уравнений математической физики курс "Динамика рабочих процессов в РКТ" играет роль фундаментальной базы, без которой невозможна деятельность инженера в области ракетостроения. Курс "Динамика рабочих процессов в РКТ" необходим для изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин, закладывает фундамент последующего обучения в магистратуре и аспирантуре. Обладая логической стройностью и опираясь на экспериментальные факты, дисциплина "Динамика рабочих процессов в РКТ" формирует у студентов научное мировоззрение. Цель преподавания дисциплины – формирование у студентов научного стиля мышления, умения ориентироваться в потоке научной и технической информации и применять в будущей научно-исследовательской и проектно-производственной деятельности физические методы исследования. Результатом изучения курса "Динамика рабочих процессов в РКТ" у студентов должно сформироваться в рамках макроскопического описания представление о уравнениях: гидродинамики, процессов теплопроводности и диффузии, механики гетерогенных сред, магнитной гидродинамики, физики взрыва. Студент должен приобрести навыки проведения адекватного физического и математического моделирования, а также применения методов физико-математического анализа к решению конкретных научно-исследовательских и проектно-производственных проблем. Возрастающая роль фундаментальных наук в подготовке инженера и внедрение высоких технологий предполагают основательное знакомство, как с классическими, так и с новейшими методами и результатами физических исследований. При этом обучающийся должен получить не только физико-математические знания, но и навыки их дальнейшего пополнения, научиться пользоваться современной научно-технической и справочной литературой, в том числе электронной. Задачи курса "Динамика рабочих процессов в РКТ": • изучение основных физических явлений, фундаментальных понятий, законов и теорий классической и современной динамики рабочих процессов в РКТ, включая представления о их взаимосвязи и границах применимости, о истории и логики развития; • овладение фундаментальными принципами и методами научных физических исследований, формирование умения выделить конкретное физическое содержание в проектных и производственных задачах будущей деятельности, освоение приемов и методов решения конкретных задач из различных областей динамики рабочих процессов в РКТ, в том числе при создании или использовании новой техники и новых технологий; • формирование у студентов основ естественнонаучной картины мира.

## **Краткое содержание дисциплины**

Учебный курс "Динамика рабочих процессов в РКТ" состоит из четырех основных разделов, включающих лекционные и практические занятия по следующим темам:

механика сплошных сред, динамика многокомпонентных сред, теория распространения детонационных волн в сплошных средах, элементы магнитной газовой динамики. Содержание раздела 1 ("Механика сплошных сред"): предмет и методы механики сплошной среды, основные гипотезы, точки зрения Лагранжа и Эйлера на изучение движения сплошной среды, скалярные и векторные поля и их характеристики. Элементы тензорного исчисления. Динамические понятия и динамические уравнения механики сплошной среды. Содержание раздела 2 ("Динамика многокомпонентных сред"): Понятие гетерогенной среды. Механика многокомпонентных сред. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в гетерогенных средах. Уравнения микродвижения в гетерогенных средах. Содержание раздела 3 ("Теория распространения детонационных волн в сплошных средах"): Явление взрыва. Классификация взрывных процессов. Теория детонационной волны. Распространение детонационных волн в сплошных средах. Термодинамические свойства твердых тел при высоких давлениях и температурах. Содержание раздела 4 ("Элементы магнитной газовой динамики"): Элементы электростатики и электродинамики в сплошных средах. Электромагнитные поля. Критерии подобия в магнитной гидродинамике. Уравнения магнитной газовой динамики.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-2 способностью анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники	Знать: Понятийный аппарат, основные положения, законы, основные формулы дисциплины, основные приложения динамики различных физических процессов при разработке ракетно-космической техники
	Уметь: Применять знание динамики рабочих процессов при разработке перспективных образцов ракетно-космической техники
	Владеть: Навыками исследования и моделирования динамики рабочих процессов при разработке различных агрегатов образцов ракетно-космической техники

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.08 Химия, Б.1.17 Механика жидкости и газа, Б.1.06 Физика, Б.1.24 Термодинамика и теплопередача	Б.1.43 Планирование эксперимента и методы обработки результатов

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
------------	------------

Б.1.17 Механика жидкости и газа	Основные положения механики жидкости и газа, свойства жидкостей и газов
Б.1.06 Физика	Законы сохранения, механика жидкости и газа, основы теплопередачи
Б.1.08 Химия	Свойства химических соединений, процессы горения газов и конденсированных веществ
Б.1.24 Термодинамика и теплопередача	Законы термодинамики и основы теплопередачи

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	24	24	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	60	60	
Подготовка к практическим занятиям	30	30	
Подготовка к лекционным занятиям	30	30	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Механика сплошных сред	6	4	2	0
2	Динамика многокомпонентных сред	18	8	10	0
3	Теория распространения детонационных волн в сплошных средах	16	8	8	0
4	Элементы магнитной газовой динамики	8	4	4	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Кинематика деформируемой среды	2
2	1	Динамические уравнения механики сплошной среды	2
3	2	Понятие многокомпонентной (гетерогенной среды). Механика многоскоростных континуумов.	2
4	2	Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в гетерогенных средах	2
5	2	Дисперсионные смеси двух сжимаемых фаз с фазовыми превращениями	2

6	2	Уравнения, описывающие микродвижение в гетерогенных смесях	2
7	3	Явление взрыва. Классификация взрывных процессов.	2
8	3	Теория детонационной волны. Общая характеристика и основные зависимости.	2
9	3	Детонационные волны в газовых средах	2
10	3	Детонационные волны в конденсированных средах	2
11	4	Электромагнитные поля. Критерии подобия в магнитной гидродинамике.	2
12	4	Уравнения магнитной газовой динамики.	1
13	4	Магнитогазодинамические ударные волны и слабые возмущения.	1

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Основы тензорного исчисления. Решение практических задач.	2
2	2	Понятие субстанциональной производной	2
3	2	Работа внутренних сил в многокомпонентных средах.	4
4	2	Поверхности разрыва в гетерогенной среде.	4
5	3	Разрывы в сплошных средах: ударные волны, контактные разрывы.	4
6	3	Уравнения состояния газообразных и конденсированных веществ.	2
7	3	Изоэнтропы сжатия конденсированных сред.	2
8	4	Течения вязкой электропроводной жидкости.	2
9	4	Магнитогидродинамические насосы, ускорители, дроссели и генераторы.	2

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Течение вязкой электропроводной жидкости по плоскому каналу в поперечном магнитном поле. Вход потока электропроводной жидкости в магнитное поле и выход из него.	Абрамович, Г.Н. Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. - М.: Наука, 1976. - 888 с.	12
Скалярные и векторные поля и их характеристики. Элементы тензорного исчисления.	Седов, Л.И. Механика сплошных сред. Т. 1 / Л.И. Седов. - М.: Наука, 1983. - 528 с.	10
Осредненные параметры и их свойства. Основные допущения, осреднение по фазам и межфазным границам.	Нигматулин, Р.И. Основы механики гетерогенных сред / Р.И. Нигматулин. - М.: Наука, 1978. - 336 с.	14
Вычисление параметров детонационной волны для газовых смесей. Влияние плотности газа на скорость детонации. Распределение параметров состояния продуктов взрыва за фронтом детонационной волны.	Физика взрыва / Под ред. К.П. Станюковича. - М.: Наука, 1975. - 704 с.	12
Основные допущения при рассмотрении	Нигматулин, Р.И. Основы механики	12

движений многофазной среды. Термодинамика гетерогенной среды с фазовыми переходами. Производство энтропии.	гетерогенных сред / Р.И. Нигматулин. - М.: Наука, 1978. - 336 с.	
---	--	--

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Интерактивная доска	Лекции	Презентация лекционного материала	24
Компьютерное моделирование и практический анализ результатов	Практические занятия и семинары	Практические расчеты	24

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-2 способностью анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники	Зачет	1-10

### 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Зачет	Каждому студенту выдается индивидуальное задание, состоящее из трех-четырёх вопросов. Задания сформулированы таким образом, чтобы охватить изученные разделы дисциплины.	Отлично: студент владеет знаниями предмета в полном объеме учебной программы; достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно и в логической последовательности отвечает на все вопросы билета, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное. Хорошо: студент владеет знаниями дисциплины

		<p>почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); студент самостоятельно, и отчасти при наводящих вопросах, дает полноценные ответы на вопросы билета, не всегда выделяет наиболее существенное, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах.</p> <p>Удовлетворительно: студент владеет частью предмета, проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками, в процессе ответов допускает ошибки по существу вопросов.</p> <p>Неудовлетворительно: студент не освоил обязательного минимума знаний предмета, не способен ответить на вопросы билета даже при дополнительных наводящих вопросах экзаменатора.</p>
--	--	---

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Зачет	<p>Билет № 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные гипотезы механики сплошных сред. Физико-химические процессы, существенные для механики сплошной среды.</li> <li>2. Уравнения сохранения импульса в гетерогенной среде.</li> <li>3. Гладкий и негладкий фронты детонационной волны.</li> </ol> <p>Билет № 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отличие точек зрения Лагранжа и Эйлера на изучение сплошной среды.</li> <li>2. Механика многоскоростных континуумов. Основные параметры.</li> <li>3. Влияние плотности газа на скорость детонации.</li> </ol> <p>Билет № 3</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера.</li> <li>2. Уравнения сохранения энергии в гетерогенной среде.</li> <li>3. Давление в химическом пике.</li> </ol> <p>Билет № 4</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение количества движения для конечного объема сплошной среды.</li> <li>2. Поверхности разрыва в гетерогенной смеси.</li> <li>3. Общая характеристика детонационной волны.</li> </ol> <p>Билет № 5</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение моментов количества движения для конечного объема сплошной среды.</li> <li>2. Уравнение энергии гетерогенной среды с фазовыми переходами.</li> <li>3. Классификация взрывных процессов.</li> </ol> <p>Билет № 6</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теорема живых сил для конечного объема сплошной среды.</li> <li>2. Система уравнений движения дисперсной смеси с общим давлением фаз.</li> <li>3. Режимы пересжатой и недосжатой детонации.</li> </ol> <p>Билет № 7</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение закона сохранения энергии.</li> <li>2. Особенности описания гомогенных и гетерогенных смесей. Диффузионное приближение.</li> <li>3. Вычисление параметров детонационной волны для газовых смесей.</li> </ol> <p>Билет № 8</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение притока тепла.</li> <li>2. Понятие гетерогенной среды. Виды гетерогенных смесей.</li> <li>3. Основные зависимости для определения параметров детонационной волны. Ударная адиабата. Параметры в точке Чепмена–Жуге.</li> </ol>

<p>Билет № 9</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закон сохранения энергии – первое начало термодинамики.</li> <li>2. Уравнение движения гетерогенной среды с фазовыми переходами.</li> <li>3. Классификация взрывчатых веществ.</li> </ol> <p>Билет № 10</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сосредоточенные и распределенные силы. Объемные (массовые) и поверхностные силы.</li> <li>2. Уравнения сохранения массы в гетерогенной среде.</li> <li>3. Влияние кинетики химической реакции на свойства и механизм формирования детонационной волны.</li> </ol>
--

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Выдрин, А. В. Механика сплошных сред [Текст] конспект лекций А. В. Выдрин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Обработка металлов давлением ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005. - 60, [1] с. ил.
2. Рябинин, В. К. Математическая теория горения [Текст] курс лекций В. К. Рябинин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Вычисл. механика сплошных сред ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2014. - 440 с. ил., фот.
3. Дейч, М. Е. Газодинамика Учеб. пособие для теплотехн. специальностей вузов М. Е. Дейч, А. М. Зарянкин. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 384 с. ил.
4. Палатинская, И. П. Газодинамика Учеб. пособие к практ. занятиям Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Безопасность жизнедеятельности; Под ред. А. П. Смолина; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 41,[1] с. ил. электрон. версия
5. Самойлович, Г. С. Газодинамика Учебник по спец."Турбостроение". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 382 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Краснов, Н. Ф. Основы аэродинамического расчета: Аэродинамика тел вращения, несущих и управляющих поверхностей. Аэродинамика летат. аппаратов Для втузов. - М.: Высшая школа, 1981. - 496 с. ил.
2. Кампти, Н. Аэродинамика компрессоров Пер. с англ. под ред.: Ф. Ш. Гельмедова, Н. М. Савина. - М.: Мир, 2000. - 688 с. ил.
3. Аржаников, Н. С. Аэродинамика больших скоростей Учеб. для авиац. вузов и фак. - М.: Высшая школа, 1965. - 559 с. ил.
4. Прикладная аэродинамика Учеб. пособие для втузов Н. Ф. Краснов, В. Н. Кошевой, А. Н. Данилов и др.; Под общ. ред. Н. Ф. Краснова. - М.: Высшая школа, 1974. - 731 с.
5. Газодинамика сверхзвуковых неизобарических струй В. С. Авдудевский, Э. А. Ашратов, А. В. Иванов, У. Г. Пирумов. - М.: Машиностроение, 1989. - 319,[1] с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Известия РАН. Механика жидкости и газа.



## 2. Физика горения и взрыва

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Лабунцов, Д.Я. Механика двухфазных систем. Учеб. пособие для вузов по направлению 651100 «Техн. Физика» / Д.А. Лабунцов, В.В. Ягов. – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 373 с. : ил.

2. Победря, Б.Е. Основы механики сплошной среды: Курс лекций: Учеб. пособие для вузов по специальности «Механика» / Б.Е. Победря, Д.В. Георгиевский. – М.: Физматлит, 2006. -272 с. : ил.

3. Поташев, К.А. Практические занятия по механике сплошной среды: учебно-методическое пособие / К.А. Поташев. – Казань:Казанский университет, 2010. – 44 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Физика взрыва. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2004. — 656 с.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Основная литература	Волков, К.Н. Течения газа с частицами. [Электронный ресурс] / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2008. — 600 с.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
3	Дополнительная литература	Ракетно-космическая техника. Машиностроение. Энциклопедия. Т. IV-22 В двух книгах. Книга первая. [Электронный ресурс] : энцикл. / А.П. Аджян [и др.]. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2012. — 925 с.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

## 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. PTC-MathCAD(бессрочно)
4. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

### **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	306 (2)	Компьютер, компьютерный проектор
Практические занятия и семинары	306 (2)	Компьютер, компьютерный проектор