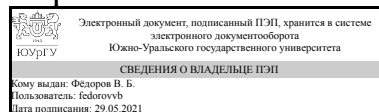


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Аэрокосмический



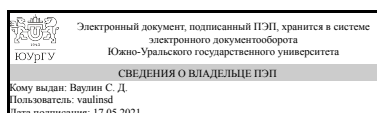
В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** ДВ.1.02.02 Внутренняя баллистика двигательных установок реактивных боеприпасов  
**для специальности** 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели  
**уровень** специалист **тип программы** Специалитет  
**специализация** Технология производства, снаряжения и испытаний боеприпасов  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Двигатели летательных аппаратов

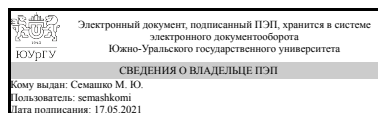
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.09.2016 № 1161

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



С. Д. Ваулин

Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



М. Ю. Семашко

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цели: освоение основ внутренней баллистики двигательных установок реактивных боеприпасов  
Задачи: усвоение теоретических и методических материалов, составляющих основу расчета внутрибаллистических характеристик; овладение математическим аппаратом и методами расчета выходных баллистических характеристик ; ознакомление с экспериментальными методами внутренней баллистики.

## Краткое содержание дисциплины

Основные сведения о ракетных двигателях Твердые ракетные топлива и заряды  
Характеристики ракетного двигателя на твердом топливе Основные уравнения внутренней баллистики ракетного двигателя на твердом топливе Способы регулирования и разброс внутрибаллистических параметров Сопло Лаваля  
Экспериментальные методы баллистической отработки РДТТ

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Знать: твердые ракетные топлива; заряды; рабочие характеристики; уравнения внутренней баллистики
	Уметь: решать задачи внутренней баллистики двигательных установок
	Владеть: методами решений задач внутренней баллистики двигательных установок

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	Не предусмотрены

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

Нет

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра

		9	10
Общая трудоёмкость дисциплины	144	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	32	32
Лекции (Л)	32	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	80	40	40
Выполнение индивидуального задания и оформление отчета	20	0	20
Подготовка к экзамену	20	0	20
Подготовка к зачету	10	10	0
Проработка учебного материала	30	30	0
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основные сведения о ракетных двигателях	8	6	2	0
2	Твердые ракетные топлива и заряды	10	6	4	0
3	Характеристики ракетного двигателя на твердом топливе	6	2	4	0
4	Основные уравнения внутренней баллистики ракетного двигателя на твердом топливе	26	16	10	0
5	Способы регулирования и разброс внутрибаллистических параметров	4	0	4	0
6	Сопло Лавалья	4	2	2	0
7	Экспериментальные методы баллистической отработки РДТТ	6	0	6	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Классификация ракетных двигателей	2
2	1	Конструктивные схемы ракетных двигателей	2
3	1	Основные узлы и работа ракетного двигателя на твердом топливе. Периоды работы двигателя	2
4	2	Классификация и требования к твердым ракетным топливам	2
5	2	Баллистические и смесевые топлива	2
6	2	Заряды ракетного твердого топлива	2
7	3	Термохимические и баллистические характеристики	2
8	4	Механизм горения пороха	2
9,10	4	Газоприток от топлива и расход газа из двигателя. Доля сгоревшего пороха и быстрота газообразования. Закон Бори. Порядок назначения рабочего давления в камере сгорания. Устойчивость рабочего давления	4
11	4	Уравнение материального баланса для камеры сгорания ракетного двигателя	2
12	4	Уравнение закона сохранения энергии для камеры сгорания	2

13	4	Механизм воспламенения. Выбор воспламенителя	2
14	4	Инженерный метод учета теплообмена	2
15	4	Составляющие тяги. Расчет тяги двигателя через давление в камере сгорания. Понятие об удельной тяге, единичном импульсе, эффективной скорости истечения	2
16	6	Сопло Лавалья. Анализ возможных сечений	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Применение ракетных двигателей на твердом топливе	2
2,3	2	Условная химическая формула топлива. Состав продуктов сгорания	4
4	3	Закон горения щелевого заряда	2
5	3	Закон горения заряда с каналом звездообразного сечения	2
6	4	Связь между давлением в камере сгорания и формой шашек. Изменение параметров по проточной части камеры сгорания и сопла	2
7,8	4	Влияние начальной температуры на скорость горения. Температурная функция. Влияние давления на скорость горения. Эрозионное горение. Эрозионный пик давления. Критерий Победоносцева	4
9	4	Совместное горение воспламенителя и топлива. Выход двигателя на установившийся режим	2
10	4	Истечение газов по окончании горения топлива	2
11	5	Типы управления вектором тяги	2
12	5	Методы расчета разброса основных параметров рабочего процесса	2
13	6	Расчет параметров газового потока в любом сечении сопла	2
14	7	Особенности испытаний маршевых ракетных двигателей	2
15	7	Определение силовых характеристик маршевых ракетных двигателей	2
16	7	Определение импульса силы	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
Выполнение индивидуального задания	Материалы лекций и практических занятий	20
Проработка учебного материала	Внутренняя баллистика РДТТ Текст А.В. Алиев и др.; под ред. А.М. Липанова, Ю.М. Милехина; Рос. акад. ракетных и артиллер. наук. - М.: Машиностроение, 2007 - 500с. (Глава 1, с. 14-70; глава 4, с. 83-106; глава 9, с. 225-235; глава 10, с. 236-254).	30
Подготовка к экзамену	Материалы лекций, практических занятий и литература по дисциплине	20

Подготовка к зачету	Материалы лекций, практических занятий и литература по дисциплине	10
---------------------	---	----

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

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Осмотр материалов предприятий отрасли	Практические занятия и семинары	Изучение методов внутрибаллистического эксперимента (определения давления и скорости). Изучение принципов внутрибаллистического функционирования средств поражения.	10

## 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	ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Проверка посещаемости занятий и оценка правильности оформления конспекта лекций	-
Все разделы	ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	зачет	-
Все разделы	ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	экзамен	-

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

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
<p>Проверка посещаемости занятий и оценка правильности оформления конспекта лекций</p>	<p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Контрольная точка служит для учета посещаемости студентами лекций и практических занятий по дисциплине, а также для оценки правильности оформления студентами конспекта лекций. Для этого преподаватель проверяет полноту конспекта лекций и при наличии полного конспекта выставляет баллы за контрольную точку, используя шкалу соответствия баллов процентам посещаемости: 8 баллов за 90–100% посещенных аудиторных занятий по дисциплине, 7 за 80–89%, 6 за 70–79%, 5 за 60–69%, 4 за 50–59%, 3 за 40–49%, 2 за 30–39%, 1 за 20–29%, 0 за 0–19%. Если конспект неполный, то балл за контрольную точку равен 0. Вес мероприятия - 0,2, максимальный балл – 8.</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %.</p>
<p>зачет</p>	<p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Зачет проводится в письменной форме. Зачет содержит два теоретических вопроса. Студенту задаются 2 вопроса из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на ответ -30 минут. Шкала оценивания ответа на теоретический вопрос: 5 баллов – вопрос раскрыт полностью, ошибок в ответе нет; 4 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 80%, ошибок в ответе нет; 3 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 80%, допущены 1–2 негрубые ошибки; 2 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 60%, ошибок нет, или вопрос раскрыт практически полностью, но содержит 1–2 ошибки; 1 балл – ответ не является логически обоснованным и законченным, содержит отрывочные сведения, не менее 20% от полного ответа; 0 баллов – ответ на вопрос отсутствует или менее 20% верных сведений</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>
<p>экзамен</p>	<p>На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Экзамен проводится в</p>	<p>Отлично: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 %. Хорошо: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 %. Удовлетворительно: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %. Неудовлетворительно:</p>

	<p>письменной форме. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Время, отведенное на ответ - 40 минут. Шкала оценивания ответа на теоретический вопрос: 5 баллов – вопрос раскрыт полностью, ошибок в ответе нет; 4 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 80%, ошибок в ответе нет; 3 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 80%, допущены 1–2 негрубые ошибки; 2 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 60%, ошибок нет, или вопрос раскрыт практически полностью, но содержит 1–2 ошибки; 1 балл – ответ не является логически обоснованным и законченным, содержит отрывочные сведения, не менее 20% от полного ответа; 0 баллов – ответ на вопрос отсутствует или менее 20% верных сведений. Преподаватель имеет право провести собеседование со студентом с целью более точного определения баллов за каждое задание. Вес мероприятия - 0,4, максимальный балл – 10.</p>	<p>величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.</p>
--	--	---

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Проверка посещаемости занятий и оценка правильности оформления конспекта лекций	
зачет	Вопросы к зачету Вопросы к зачету.docx
экзамен	Вопросы к экзамену Экзаменационные билеты Билеты к экзамену.doc; Вопросы к экзамену.doc

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Алемасов, В. Е. Теория ракетных двигателей Учебник для вузов Под ред. В. П. Глушко. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 464 с. ил.
2. Внутренняя баллистика РДТТ Текст А. В. Алиев и др. ; под ред. А. М. Липанова, Ю. М. Милехина ; Рос. акад. ракетных и артиллер. наук. - М.: Машиностроение, 2007. - 500, [1] с. ил., табл.
3. Абугов, Д. И. Теория и расчет ракетных двигателей твердого топлива Учеб для машиностроит. специальностей вузов. - М.: Машиностроение, 1987. - 272 с. ил.
4. Ерохин, Б. Т. Теоретические основы проектирования РДТТ. - М.: Машиностроение, 1982. - 206 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Соркин, Р. Е. Газотермодинамика ракетных двигателей на твердом топливе Текст Р. Е. Соркин. - М.: Наука, 1967. - 368 с. черт.
2. Ракетные двигатели Текст Т. М. Мелькумов и др. - М.: Машиностроение, 1976. - 399 с. ил.
3. Фахрутдинов, И. Х. Ракетные двигатели твердого топлива Текст Под ред. В. Е. Алемасова. - М.: Машиностроение, 1981. - 223 с. ил.
4. Веницкий, А. М. Ракетные двигатели на твердом топливе Текст Учеб. пособие для втузов А. М. Веницкий. - М.: Машиностроение, 1973. - 347 с. черт.

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. нет

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

2. нет

### **Электронная учебно-методическая документация**

Нет

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

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

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

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	611 (3)	Компьютер, телевизор, макеты, образцы
Лекции	611 (3)	Компьютер, телевизор, макеты, образцы