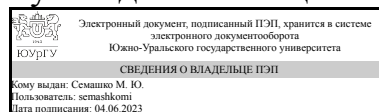


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель специальности



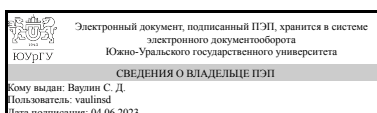
М. Ю. Семашко

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.08 Проектирование ракетных двигателей на твердом топливе  
для специальности 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели  
уровень Специалитет  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов**

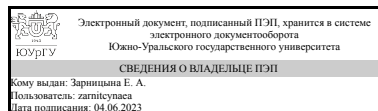
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели, утверждённым приказом Минобрнауки от 18.08.2020 № 1055

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



С. Д. Ваулин

Разработчик программы,  
старший преподаватель



Е. А. Зарницына

## 1. Цели и задачи дисциплины

### Краткое содержание дисциплины

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 владеет основными методами проектирования и расчетов боеприпасов и взрывателей различного назначения	Знает: методы разработки, проектирования и расчета параметров ракетных двигателей на твердом топливе и их элементов в зависимости от тактико-технического задания. Умеет: осуществить разработку, проектирование и расчет двигателя на твердом топливе в зависимости от тактико-технического задания. Имеет практический опыт: самостоятельно или в составе группы разработки, проектирования и расчета двигателя на твердом топливе.

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.37 Практикум по проектированию средств поражения, 1.О.32 Основы проектирования средств поражения, 1.Ф.06 Проектирование реактивных боеприпасов	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
1.Ф.06 Проектирование реактивных боеприпасов	Знает: методы разработки, проектирования и расчета параметров реактивных боеприпасов, взрывателей и их элементов в зависимости от назначения. Умеет: провести разработку, проектирование и расчет конструкции и функционирования реактивного боеприпаса. Имеет практический опыт: разработки, проектирования и выполнения расчетных работ при создании образцов реактивных боеприпасов и взрывателей.
1.О.37 Практикум по проектированию средств поражения	Знает: последовательность разработки, проектирования и практической реализации проектной деятельности по проектированию средств поражения, боеприпасов, взрывателей и их элементов в зависимости от назначения и функционирования., основные принципы, методы и последовательность проектирования самостоятельно или в составе группы новых

	<p>конструкций средств поражения, боеприпасов, взрывателей и их элементов в зависимости от назначения и функционирования. Умеет: практически самостоятельно или в составе группы выполнить проект, направленный на разработку и проектирование средств поражения, боеприпасов, взрывателей или их элементов., самостоятельно или в составе группы формулировать цели и задачи проектирования новых образцов боеприпасов, взрывателей, их элементов или приспособлений для их изготовления; разрабатывать тактико-техническое задание на проектирование. Имеет практический опыт: самостоятельно или в составе группы осуществлять проектирование средств поражения, боеприпасов, взрывателей или их элементов., разработки тактико-технического задания на проектирование новых образцов средств поражения, боеприпасов, их элементов, а так же приспособлений и инструмента для их изготовления.</p>
1.О.32 Основы проектирования средств поражения	<p>Знает: методы разработки, проектирования и расчета параметров обычных, реактивных и корректируемых боеприпасов, взрывателей и их элементов в зависимости от назначения. Умеет: в зависимости от назначения боеприпаса или взрывателя провести разработку, проектирование и расчет его конструкции и функционирования. Имеет практический опыт: разработки, проектирования и выполнения расчетных работ при создании образцов средств поражения, боеприпасов и взрывателей.</p>

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		9
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5
Проработка лекционного материала	30	30
Подготовка к контрольным точкам	21,5	21,5
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5

Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен
--	---	---------

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение	2	2	0	0
2	Термогазодинамические и энергетические основы рабочего процесса в РДТТ	6	6	0	0
3	Основы проектирования, расчет основных характеристик и конструктивных параметров РДТТ	40	8	16	16

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Принцип действия и особенности РДТТ. Конструкции с вкладным и скрепленным зарядами. История развития. Классификация РДТТ. Конструктивные схемы. Условия эксплуатации и технического обслуживания. Достоинства и недостатки РДТТ. Характеристики камеры сгорания: тяга, удельный импульс тяги, расходный комплекс и характеристическая скорость, тяговый комплекс, полный импульс тяги мощность. Взаимосвязь параметров ЛА и РДТТ. Постановка задачи проектирования РДТТ.	2
2	2	Твердые топлива: основные требования к твердым топливам, гомогенные топлива, нитраминные топлива, гетерогенные (смесевые) топлива, модифицированные топлива. Эксплуатационные характеристики твердых топлив. Технология изготовления. Виды зарядов твердого топлива	2
3	2	Организация рабочего процесса в ДТТ: горение твердого топлива. Механизм горения: стационарное горение гомогенных топлив, нитраминных топлив, смесевых топлив. Горение металлов. Зависимость скорость горения от различных факторов: давления, начальной температуры, ускорения, скорости обдува. Эрозионное горение.	2
4	2	Нестационарное горение: нестабильное горение, неустойчивость горения, механизм воспламенения ТТ, механизмы горения ТТ	1
5	2	РДТТ как тепловая машина. Термодинамический цикл РДТТ. Анализ влияния параметров рабочего процесса на эффективность термодинамического цикла РДТТ	1
6	3	Методика расчета основных проектных параметров и характеристик РДТТ. Термогазодинамический и тепловой расчет. Термодинамический расчет: внутренняя энергия, энтальпия и теплота, теплота сгорания и образования, термодинамические функции и равновесные состояния, исходные данные и допущения, термодинамический расчет при постоянном давлении, термическая диссоциация термодинамический расчет процесса истечения из сопла	2
7	3	Газодинамический расчет. Потери при работе РДТТ. Основы профилирования сопел РДТТ	2
8	3	Расчет камеры и заряда твердого топлива: общие сведения и исходные данные, определение потребной массы топлива и закона изменения площади поверхности горения во времени, заряд, горящий с торца, одношашечный заряд, звездообразный заряд, щелевой заряд. Расчет воспламенительного состава: выбор типа и массы, упрощенный метод определения массы	2

		воспламенителя. Расчет теплозащитного покрытия: выбор типа ТЗП, расчет толщины теплоизоляционного покрытия, расчет абляционного покрытия. Расчет бронирующего покрытия. Расчет гашения заряда ТТ	
10	3	Конструкции элементов РДТТ: камера сгорания, сопло, соединение элементов камеры сгорания и сопла. Массовые характеристики элементов. Практические рекомендации конструктору. Определение нагрузок, действующих на элементы конструкции. Материалы, используемые в ДТТ и тенденции развития принципиально новых материалов и технологических процессов для изготовления ответственных элементов ДТТ	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	3	Газодинамический расчет	2
2	3	Расчет камеры и заряда твердого топлива	3
3	3	Расчет воспламенительного состава	2
4	3	Расчет теплозащитного покрытия	1
5	3	Расчет бронирующего покрытия. Расчет гашения заряда ТТ	1
6	3	Расчет гашения заряда ТТ	1
7	3	Прочность расчета типовых конструктивных элементов РДТТ: металлические элементы конструкции, конструктивные элементы из композиционных материалов. Определение запасов прочности. Прочность и устойчивость оболочек камер сгорания РДТТ	4
8	3	Влияние параметров ДТТ на идеальную скорость ЛА: удельный импульс, коэффициент массы конструкции ДТТ, относительное количество унесенной массы, плотность топлива, коэффициент заполнения камеры топливом. Разброс параметров ДТТ и способы его уменьшения.	2

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	3	Изучение РДТТ ракеты 9М21	4
2	3	Изучение РДТТ ракеты 4К22	4
3	3	Изучение РДТТ ракеты 3М8	4
4	3	Изучение РДТТ ракеты 3М9	4

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Проработка лекционного материала	см. основную и дополнительную литературу	9	30
Подготовка к контрольным точкам	см. основную и дополнительную литературу, конспект лекций, материалы практических и лабораторных работ	9	21,5

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	9	Текущий контроль	Защита лабораторных работ	1	20	На защите каждой лабораторной работы студенту задается 5 вопросов. Всего 4 лабораторных работы. Каждый ответ оценивается: 1 балл - правильный ответ, 0, 5 - неполный ответ, 0 баллов - неправильный ответ или нет ответа.	экзамен
2	9	Текущий контроль	Защита практических работ	1	12	На защите каждой практической работы студенту задается 3 вопросов. Всего 4 защиты. Каждый ответ оценивается: 1 балл - правильный ответ, 0, 5 - неполный ответ, 0 баллов - неправильный ответ или нет ответа.	экзамен
3	9	Текущий контроль	Семестровое задание "Расчет основных проектных параметров РДТТ"	2	4	Критерий 1: решение поставленной задачи. 3 балла – ход решения верный, получен верный ответ; 2 балла – не получен верный ответ, частичное применение несоответствующих формул; 1 – частично приведены формулы, касающиеся решения поставленной задачи. Критерий 2: пояснительная записка. 1 балла - ПЗ выполнена в соответствии с ЕСКД, 0 баллов - ПЗ не выполнена в соответствии с ЕСКД	экзамен
4	9	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	8	В билете 2 вопроса. Каждый вопрос оценивается: 4 балла - ответ построен логически верно; обнаружено максимально глубокое знание профессиональных терминов, понятий, категорий, концепций и теорий; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры; обнаружен аналитический подход в освещении различных концепций; сделаны содержательные выводы; продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы. 3 балла - ответ построен логически	экзамен

					<p>верно; представлены различные подходы к проблеме, но их обоснование недостаточно полно; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, однако наблюдается непоследовательность анализа; выводы правильны; продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы.</p> <p>2 балла - ответ недостаточно логически выстроен; в плане ответа соблюдается непоследовательно; недостаточно раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументируются; продемонстрировано знание обязательной литературы.</p> <p>1 балл - не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответ содержит ряд серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны; не продемонстрировано знание обязательной литературы.</p>	
--	--	--	--	--	---	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Экзамен письменный. Студент допускается к экзамену при условии успешного прохождения текущего контроля. Время подготовки 1 час	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ПК-4	Знает: методы разработки, проектирования и расчета параметров ракетных двигателей на твердом топливе и их элементов в зависимости от тактико-технического задания.		+	+	+
ПК-4	Умеет: осуществить разработку, проектирование и расчет двигателя на твердом топливе в зависимости от тактико-технического задания.		+	+	+
ПК-4	Имеет практический опыт: самостоятельно или в составе группы разработки, проектирования и расчета двигателя на твердом топливе.	+		+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Ерохин, Б. Т. Теория внутрикамерных процессов и проектирование РДТТ Учеб. для вузов Б. Т. Ерохин. - М.: Машиностроение, 1991. - 559 с. ил.
2. Калинин, В. В. Нестационарные процессы и методы проектирования узлов РДТТ. - М.: Машиностроение, 1986. - 215 с. ил.
3. Липанов, А. М. Проектирование ракетных двигателей твердого топлива Учеб. для вузов по направлению "Авиац. и ракет.-космич. техника" и спец."Двигатели и энерг. установки космич. техники", "Авиац. и ракет.-космич. теплотехника А. М. Липанов, А. В. Алиев. - М.: Машиностроение, 1995. - 399 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

1. Реферативный журнал. Авиационные и ракетные двигатели. 34. [Текст] предм. указ. Рос. акад. наук, Всерос. ин-т науч. и техн. информ. (ВИНИТИ РАН) реферативный журнал. - М.: ВИНИТИ, 1964-1995

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. нет

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

1. нет

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шевченко, Г. Ю. Устройство и работа ракетного двигателя на твердом топливе : учебное пособие / Г. Ю. Шевченко, М. Г. Лукишин. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2021. — 74 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/195208">https://e.lanbook.com/book/195208</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Кодолов, В. И. Композиционные полимерные материалы в ракетных двигателях твердого топлива : учебное пособие для вузов / В. И. Кодолов, В. В. Кодолова-Чухонцева, М. Р. Королева. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 176 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/197462">https://e.lanbook.com/book/197462</a>
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Евграшин, Ю. Б. Проектирование и отработка ракетных двигателей на твердом топливе : учебное пособие / Ю. Б. Евграшин. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — 354 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/160384">https://e.lanbook.com/book/160384</a>
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная	Твердотопливные регулируемые двигательные установки / Ю. С. Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев, А. А.



		система издательства Лань	Дорофеев. — Москва : Машиностроение, 2011. — 776 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/3311">https://e.lanbook.com/book/3311</a>
5	Дополнительная литература	Электронно- библиотечная система издательства Лань	Волков, В. Т. Исследование и стендовая отработка ракетных двигателей на твердом топливе : монография / В. Т. Волков, Д. А. Ягодников. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2007. — 296 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/106287">https://e.lanbook.com/book/106287</a>
6	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Ракетные двигатели на твердом топливе : термогазодинамические и энергетические основы рабочего процесса [Текст] : учеб. пособие для бакалавров специальности "Проектирование авиац. и ракет. двигателей" и др. / С. Д. Ваулин, Е. А. Зарницына, Е. В. Сафонов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Двигатели летат. аппаратов ; ЮУрГУ. Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2019 <a href="http://lib.susu.ru/">http://lib.susu.ru/</a>
7	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Ракетные двигатели на твердом топливе : основы проектирования, расчет основных характеристик и конструктивных параметров РДТТ [Текст : непосредственный] : учеб. пособие по специальности "Проектирование авиац. и ракет. двигателей" и др. (бакалавриат и магистратура) / С. Д. Ваулин, Е. А. Зарницына, Е. В. Сафонов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Двигатели летат. аппаратов ; ЮУрГУ. Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2019 <a href="http://lib.susu.ru/">http://lib.susu.ru/</a>
8	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Ракетные двигатели на твердом топливе : математическое моделирование рабочих процессов в РДТТ [Текст : непосредственный] : учеб. пособие по специальности "Проектирование авиац. и ракет. двигателей" и др. (бакалавриат и магистратура) / С. Д. Ваулин, Е. А. Зарницына, Е. В. Сафонов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Двигатели летат. аппаратов ; ЮУрГУ. Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2019 <a href="http://lib.susu.ru/">http://lib.susu.ru/</a>
9	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Ракетные двигатели на твердом топливе : общие сведения [Текст] : учеб. пособие по специальности "Проектирование авиац. и ракет. двигателей" и др. / С. Д. Ваулин, Е. А. Зарницына, Е. В. Сафонов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Двигатели летат. аппаратов ; ЮУрГУ. Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2019 <a href="http://lib.susu.ru/">http://lib.susu.ru/</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
-------------	--------	--

Лабораторные занятия	100 (2в)	натурные образцы учебной лаборатории "Аэрокосмические технологии"
Лекции	100 (2в)	не требуется
Практические занятия и семинары	100 (2в)	натурные образцы учебной лаборатории "Аэрокосмические технологии", калькулятор