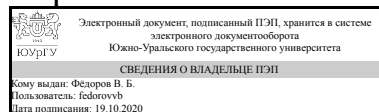


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Аэрокосмический



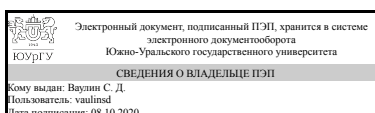
В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** Б.1.35 Системы питания жидкостных ракетных двигателей  
**для специальности** 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей  
**уровень** специалист **тип программы** Специалитет  
**специализация** Проектирование жидкостных ракетных двигателей  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Двигатели летательных аппаратов

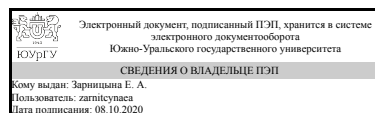
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 16.02.2017 № 141

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



С. Д. Вавлин

Разработчик программы,  
старший преподаватель



Е. А. Зарницына

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование системы профессиональных знаний и практических навыков по проектированию, изготовлению, испытанию и эксплуатации систем питания ракетных двигателей. Задачи дисциплины: разработка проектов двигателей и энергоустановок ЛА с учетом физико-механических, технологических, экологических и экономических параметров; выпуск конструкторской документации на ракетные, реактивные двигатели, двигательные и энергетические установки и их отдельные узлы и агрегаты; работа по осуществлению соответствия результатов проектно-конструкторской деятельности нормативной документации системы качества отрасли; разработка технических условий и технических описаний; проведение стандартных и типовых испытаний деталей, их агрегатов и энергоустановок ЛА; проведение регистрации, вторичной обработки и анализа результатов экспериментальных исследований, стендовой и летной отработки и эксплуатации изделий двигателей ЛА; организация метрологической поверки, градуировки и калибровки основных первичных преобразователей и средств измерений

## Краткое содержание дисциплины

Вытеснительная и насосная системы питания РД. Топливные баки ЖРДУ. Газобаллонные системы наддува ТБ, Газогенераторные системы наддува ТБ. Массовые характеристики агрегатов систем питания. Устойчивость систем питания РД.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-5 способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений	Знать:- теорию и расчетные методики по проектированию жидкостных ракетных двигателей; - основные виды жидких ракетных топлив; - основные характеристики рабочих процессов в ЖРД; - виды ЖРДУ и их назначение в составе летательного аппарата; - основы автоматического управления и принципы регулирования ЖРД; - методы проектирования технологических процессов производства ракетных двигателей; - методы испытаний и отработки ЖРД;
	Уметь:- применять компьютерные технологии для разработки ракетных двигателей и их отдельных узлов; • - рассчитывать основные характеристики ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов; • - конструировать ЖРД и ЖРДУ, их узлы и агрегаты; • - формулировать задания для расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов; • - рассчитывать основные характеристики и разрабатывать технологические процессы производства ЖРД;
	Владеть:- понятийным аппаратом ЖРД и ЖРДУ;

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• - методами проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений;</li> <li>• - методами испытаний и вопросами обеспечения надежности; методами математического моделирования ЖРД;</li> <li>• - техникой расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов с использованием информационных технологий.</li> </ul>
<p>ПСК-3.1 способностью рассчитывать и проектировать узлы и агрегаты системы подачи компонентов топлива в камеру сгорания ЖРД</p>	<p>Знать:- теорию и расчетные методики по проектированию жидкостных ракетных двигателей; - основные виды жидких ракетных топлив; - основные характеристики рабочих процессов в ЖРД; - виды ЖРДУ и их назначение в составе летательного аппарата; - основы автоматического управления и принципы регулирования ЖРД; - методы проектирования технологических процессов производства ракетных двигателей; - методы испытаний и отработки ЖРД;</p>
	<p>Уметь:- применять компьютерные технологии для разработки ракетных двигателей и их отдельных узлов; • - рассчитывать основные характеристики ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов; • - конструировать ЖРД и ЖРДУ, их узлы и агрегаты; • - формулировать задания для расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов; • - рассчитывать основные характеристики и разрабатывать технологические процессы производства ЖРД;</p>
	<p>Владеть:- понятийным аппаратом ЖРД и ЖРДУ; • - методами проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений; • - методами испытаний и вопросами обеспечения надежности; методами математического моделирования ЖРД; • - техникой расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов с использованием информационных технологий.</p>

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.37 Теория и проектирование турбонасосных агрегатов, Б.1.31 Топлива и рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях, Б.1.38 Теория и проектирование жидкостных ракетных двигателей	Производственная практика, преддипломная практика (11 семестр)

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

Дисциплина	Требования
Б.1.37 Теория и проектирование турбонасосных агрегатов	Знать: турбонасосную систему подачи компонентов топлива в КС ЖРД. Уметь: определять энергетические характеристики ТНА для насосной системы подачи компонентов топлива. Владеть: методиками согласования параметров системы питания с параметрами ЖРДУ.
Б.1.31 Топлива и рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях	Знать: основные виды жидких ракетных топлив. Уметь: выбирать компоненты топлива для системы питания ЖРД. Владеть: методиками термодинамического расчета горения топлива.
Б.1.38 Теория и проектирование жидкостных ракетных двигателей	Знать: виды ЖРДУ и их назначение в составе ЛА; основные характеристики рабочих процессов в ЖРД. Уметь: рассчитывать основные характеристики ЖРД. Владеть: техникой расчета и конструирования Жрд.

#### 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	
		10	
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>	60	60	
Проработка лекционного материала	60	60	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	диф.зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
0	Введение	1	1	0	0
1	Вытеснительная система подачи	11	6	4	1
2	Турбонасосные системы подачи	20	1	4	15
3	Элементы систем топливоподачи	4	4	0	0
4	Параметры системы топливоподачи	12	4	8	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во

			часов
1	0	Общие сведения	1
2	1	1.1. Системы на холодном газе	2
3	1	1.2. Системы на горячем газе	3
4	1	1.3. Безгазовые системы	1
5	2	2.1. Общая характеристика насосной системы подачи. 2.2. Рабочее тело привода турбины	1
6	3	3.1. Аккумуляторы давления. 3.2. ТГГ и стартеры ТНА. 3.3. ЖГГ. 3.4. Устройства для управления потоками. 4.4. Вспомогательное оборудование	4
7	4	4.1. Потери давления в магистралях	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Расчет газобаллонные системы наддува ТБ РД и дренажные системы	4
2	2	Расчет газогенераторные системы наддува ТБ РД	4
3	4	Устойчивость систем питания РД	4
4	4	Статические характеристики систем питания ЖРД	4

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	11ФМ	1
2	2	Система питания компонентами топлива ЖРД изделия 4К-50	3
3	2	Система питания компонентами топлива ЖРД изделия 4К-55	4
4	2	Система питания компонентами топлива ЖРД 2-й ступени изделия 8К84	4
4	2	Системы питания компонентами топлива ЖРД 1-й ступени изделия 8К84	4

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Проработка лекционного материала	См. основную и дополнительную литературу	60

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

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Обучение работе в команде над комплексным решением практических задач	Практические занятия и семинары	Выбор и обоснование термодинамической схемы подачи топлива	12

## 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-5 способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений	Дифференцированный зачет	-
Все разделы	ПСК-3.1 способностью рассчитывать и проектировать узлы и агрегаты системы подачи компонентов топлива в камеру сгорания ЖРД	Дифференцированный зачет	-

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

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Дифференцированный зачет	При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179): КТ-1-5 - вопросы по темам 1-5, КТ-6, 7 - задачи по теме 5, КТ-8-11 - защита лабораторных работ. Письменные ответы на вопросы по каждой теме ( 1 вопрос), решение одной задачи по каждой теме. Время подготовки 1 час по каждой теме. Оценка за дифференциальный зачет формируется в системе "Электронный ЮУрГУ" из оценок по КТ, посещаемости, доклада: коэффициент КТ1-11 - 1, коэффициент посещаемости - 0,5, коэффициент доклада - 1. Доклад по желанию студента.	Отлично: 100-85% Хорошо: 84-70% Удовлетворительно: 69-51% Неудовлетворительно: менее 50,9

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Дифференцированный зачет	Примерные вопросы: 1. Системы питания компонентами топлива и их сравнительный анализ. 2. Достоинства и недостатки вытеснительной системы подачи. 3. Достоинства и недостатки насосной системы питания. 4. Связь энергетических параметров ТНА с энергетическими параметрами ДУ, выполненной по открытой схеме. 5. Связь энергетических параметров ТНА с энергетическими параметрами ДУ, выполненной по закрытой схеме. 6. В чем заключаются достоинства схем двигателей с вытеснительной

подачей?

7. В каких областях применяются двигатели с вытеснительной подачей?

8. Какие имеются пути повышения эффективности двигателей с вытеснительной системой подачи?

9. В чем состоят основные преимущества двигателей с насосной подачей?

10. Чем вызвана необходимость наддува баков?

11. Какие имеются схемы наддува баков?

12. Назовите схемы раскрутки турбины при запуске?

13. Чем отличаются восстановительные ЖГГ двигателе от окислительных?

14. Какие проблемы решаются при разработке восстановительных и окислительных ЖГГ двигателей?

15. Чем отличаются по конструкции и распределению температуры по длине однозонные и двухзонные ЖГГ двигателей?

16. Назовите типы катализаторов, применяемых для разложения жидких компонентов топлива?

17. Основные конструктивные элементы топливных баков.

18. Требования, предъявляемые к топливным бакам.

19. Из чего состоит объем топливного бака?

20. Из чего состоит расчетная массовая заправка?

21. Из чего состоит остаток топлива в баке?

22. Из чего состоит погрешность заправки бака?

23. Исходя из чего рассчитывается объем газовой подушки бака?

24. Типы и формы топливных баков.

25. Типы заборных устройств.

26. Разделительные устройства топливных баков.

27. Заправочные и дренажно-предохранительные клапана.

28. Регуляторы наддува топливных баков.

29. Система питания ДУ 4Д-50 компонентами топлива.

30. Системы питания ДУ 4Д-55 компонентами топлива.

31. Системы питания компонентами топлива ЖРД первой ступени изделия 4К84.

32. Системы питания компонентами топлива ЖРД второй ступени изделия 4К84.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Овсянников, Б. В. Теория и расчет агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей Текст учебник для авиац. вузов и фак. Б. В. Овсянников, Б. И. Боровский. - М.: Машиностроение, 1971. - 540 с. ил.
2. Волков, Е. Б. Статика и динамика ракетных двигательных установок Кн. 2 Динамика В 2-х кн. Е. Б. Волков, Т. А. Сырицын, Г. Ю. Мазинг. - М.: Машиностроение, 1978. - 319 с. Ил.
3. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования Текст учеб. для вузов по направлению "Авиа-и ракетостроение", специальности "Ракет. двигатели" "Двигатели летат. аппаратов" М. В. Добровольский : под ред. Д. А. Ягодникова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 486, [1] с. ил.

б) *дополнительная литература:*

1. Гликман, Б. Ф. Автоматическое регулирование жидкостных ракетных двигателей Б. Ф. Гликман. - М.: Машиностроение, 1974. - 396 с. черт.

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

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

1. 1. Детярь Б.Г. Кавитация и РОГО неустойчивость - ЮУрГУ, 1997.- 123 с.
2. Ваулин С.Д. Пневмогидравлические системы ракет морского базирования: учебное пособие / С.Д. Ваулин, Б.Г. Дегтярь, Е.В. Сафонов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 62 с.
3. Дегтярь Б.Г. Оптимальные давления двигателя высокого давления на жидком топливе: учебное пособие / Б.Г. Дегтярь. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 52 с.

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

4. 1. Детярь Б.Г. Кавитация и РОГО неустойчивость - ЮУрГУ, 1997.- 123 с.
5. Дегтярь Б.Г. Оптимальные давления двигателя высокого давления на жидком топливе: учебное пособие / Б.Г. Дегтярь. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 52 с.

**Электронная учебно-методическая документация**

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Библиотека УЦ РКТ	Учебно-методические материалы кафедры	ЛокальнаяСеть / Авторизованный
2	Дополнительная литература	Пинчук, В. А. Энергетический расчёт ЖРД с нагнетательными системами питания : учебное пособие / В. А. Пинчук. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 90 с. — ISBN 987-5-907054-19-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/122084">https://e.lanbook.com/book/122084</a> (дата обращения: 06.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
3	Основная литература	Жуйко, Д. А. Турбонасосные агрегаты жидкостного ракетного двигателя : учебное пособие / Д. А. Жуйко. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2017. — 218 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. —	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный



		URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/147506">https://e.lanbook.com/book/147506</a> (дата обращения: 06.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		
4	Дополнительная литература	Агрегаты регулирования жидкостных ракетных двигательных установок : учебное пособие / Ю. И. Васютин, И. А. Смирнов, Д. А. Ягодников [и др.]. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 223 с. — ISBN 978-5-7038-4633-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/106259">https://e.lanbook.com/book/106259</a> (дата обращения: 06.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
5	Основная литература	Тестоедов, Н. А. Проектирование и конструирование баллистических ракет и ракет-носителей : учебное пособие / Н. А. Тестоедов, В. В. Кольга, Л. А. Семенова. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2014. — 308 с. — ISBN 978-5-86433-608-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/147502">https://e.lanbook.com/book/147502</a> (дата обращения: 06.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

## 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
Лекции	244 (2)	Макеты, компьютерная техника, программное обеспечение
Лабораторные занятия	100 (2в)	Натурные изделия
Практические занятия и семинары	244 (2)	Компьютерная техника, программное обеспечение