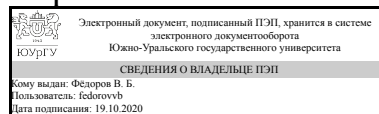


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Аэрокосмический



В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины В.1.14 Пневмогидравлические системы двигателей летательных аппаратов**

**для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

**уровень специалист тип программы Специалитет**

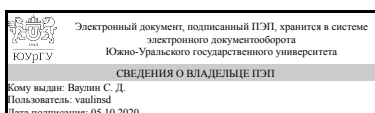
**специализация Проектирование жидкостных ракетных двигателей**

**форма обучения очная**

**кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов**

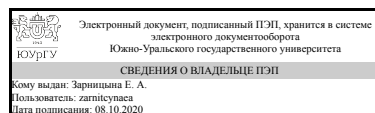
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 16.02.2017 № 141

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



С. Д. Ваулин

Разработчик программы,  
старший преподаватель



Е. А. Зарницына

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины: формирование системы профессиональных знаний и практических навыков по разработке и описанию работы пневмогидравлических систем двигателей летательных аппаратов. Задачи дисциплины: формулирование целей проекта, путей решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом нравственно-экологических аспектов деятельности; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта; разработка проектов двигателей и энергоустановок ЛА с учетом физико-механических, технологических, экологических и экономических параметров; использование современных информационных технологий при разработке новых изделий и математическом моделировании процессов в авиационных и ракетных двигателях; разработка технических условий и технических описаний.

## Краткое содержание дисциплины

Полетные задачи летательного аппарата и системы управления процессами функционирования ДУ. Системы наддува топливных баков, запуска и останова и регулирования ДУ. Элементы автоматики систем управления ЖРДУ: регуляторы, редукторы, конечные автоматы. Разработка ПГС ЖРДУ. Элементная база ПГС ЖРДУ в САПР.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПСК-3.1 способностью рассчитывать и проектировать узлы и агрегаты системы подачи компонентов топлива в камеру сгорания ЖРД	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; • - 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.
ПК-5 способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений	Знать: 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; • - 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.
	Уметь: 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;
	Владеть:

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.23 Механика жидкости и газа,	Б.1.34 Испытания жидкостных ракетных

Б.1.29 Гидрогазодинамика авиационных и ракетных двигателей, В.1.11 Конструкции летательных аппаратов	двигателей, Б.1.35 Системы питания жидкостных ракетных двигателей
---	--

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

Дисциплина	Требования
Б.1.23 Механика жидкости и газа	Знать основы механики жидкости и газа; Уметь их применять; Обладать навыками анализа полученных результатов.
В.1.11 Конструкции летательных аппаратов	Знать устройство ЛА
Б.1.29 Гидрогазодинамика авиационных и ракетных двигателей	Знать основные законы газовой динамики; Уметь их применять; Обладать навыками решения задач

#### 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	
		8	
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)	-	зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Общие сведения	2	2	0	0
2	Устройство ПГС	20	4	6	10
3	Агрегаты и коммуникации ПГС	16	4	8	4
4	Топливные баки	6	2	2	2
5	Рабочие процессы в ПГС	4	4	0	0

##### 5.1. Лекции

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

			часов
1	1	1.1. Основные понятия и определения. 1.2. Функциональный состав ПГС. 1.3. Классификация и требования	2
2	2	2.1. Топливная система. 2.2. Система заправки. 2.3. Система наддува топливных баков	4
3	3	3.1. Клапаны: 3.1.1. Запорные клапаны. 3.1.2. Распределительные клапаны. 3.1.3. Предохранительные клапаны. 3.1.4. Регулирующие клапаны	3
4	3	3.2. Трубопроводы: 3.2.1. Сильфоны, гибкие трубопроводы. 3.2.2. Соединения трубопроводов	1
5	4	4.1. Типы баков. 4.2. Заборные устройства: 4.2.1. Гидравлический невыработанный остаток. 4.2.2. Типы заборных устройств. 4.2.3. Заборные устройства сложной формы	2
6	5	5.1. Запуск. 5.2. Останов	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Разработка ПГС изделия	6
2	3	Расчет клапанов	5
3	3	Расчет трубопровода	3
4	4	Ориентировочный расчет баков	2

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	ПГС изделия 4К-50	2
2	2	ПГС изделия 4К-55	2
3	2	ПГС РД-107	2
5	2	ПГС изделия 8К-99	2
7	2	ПГС РД-0120	2
6	3	Конструкции клапанов: запорные, распределительные, предохранительные клапаны, регулирующие клапаны	4
8	4	Конструкции топливных баков и заборных устройств	2

## 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	Лабораторные	Выбор и обоснование	10

комплексном решении практических задач	занятия	конструктивно-технологических схем	
--	---------	------------------------------------	--

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

Инновационные формы обучения	Краткое описание и примеры использования в темах и разделах
Проведение практических занятий с использованием мультимедийных пособий	Выполняются расчеты различных конструктивных решений и проводится сравнительный их анализ

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: 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	ПСК-3.1 способностью рассчитывать и проектировать узлы и агрегаты системы подачи компонентов топлива в камеру сгорания ЖРД	Зачет (включая текущий)	1-10
Все разделы	ПК-5 способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений	Зачет (включая текущий)	1-10

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

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Зачет (включая текущий)	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-6-10 - защита лабораторных работ. Письменные ответы на вопросы по КТ. Время подготовки 0,5 часа по каждой теме. Зачет формируется в системе "Электронный ЮУрГУ" из оценок по КТ, посещаемости, доклада: коэффициент КТ1-10 - 1, коэффициент посещаемости - 0,5, коэффициент доклада - 1. Доклад по желанию студента.	Зачтено: Более 70% Не зачтено: Менее 69,9%

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Зачет (включая текущий)	Вопросы по лабораторным работам - хранятся в методическом кабинете 242/2 Тема 1 1. Определение ПГС. 2. Определение ступень. 3. Состав топливной системы.

	<p>4. Состав системы заправки.</p> <p>5. Состав системы наддува.</p> <p>6. Требования к ПГС ( не менее 5)</p> <p>Тема 2</p> <p>1. Системы подачи компонентов, рис одной из систем.</p> <p>2. Способы разделения жидкости и газа (перечислить)</p> <p>3. Достоинства и недостатки одного из способов разделения жидкости и газа.</p> <p>4. Требования, предъявляемые к системам заправки.</p> <p>5. Работа газобаллонной системы наддува (схема, описание).</p> <p>6. Работа системы наддува, использующая летучие жидкости (схема, описание)</p> <p>7. Химический наддув</p> <p>Тема 3</p> <p>Вопросы</p> <p>1. На чем основан принцип действия предохранительных клапанов.</p> <p>2. При каких условиях применяют шариковые клапаны?</p> <p>3. Чем определяется герметичность тарельчатых клапанов?</p> <p>4. Почему устанавливаются обратные клапан, несмотря на то, что они создают значительные потери в магистрали?</p> <p>5. Принцип действия регулирующего клапана непосредственного действия?</p> <p>6. Принцип действия регулирующего клапана косвенного действия?</p> <p>Тема 4</p> <p>1. Чем определяется взаимное расположение баков О и Г?</p> <p>2. Что существенно влияет на выбор конструкции баков?</p> <p>3. Назначение заборного устройства</p> <p>4. Почему наблюдается кавитация с заборном устройстве?</p> <p>5. Как уменьшить тепловой остаток топлива?</p> <p>Тема 5</p> <p>1. Основное отличие процесса запуска от других этапов работы ДУ.</p> <p>Большие градиенты изменения параметров</p> <p>2. Чем характеризуется процесс запуска?</p> <p>Время протекания</p> <p>3. Виды запусков</p> <p>4. Какой вид запуска характерен для двигателей больших тяг? Почему?</p> <p>5. Как уменьшить время полного запуска ТНА?</p> <p>6. ИПД</p> <p>7. Опасности протекания рабочих процессов при останове (перечислить, одну из опасностей описать).</p> <p>8. Мероприятия по уменьшению ИПД (не менее 3).</p> <p>9. Мероприятия для безопасного останова ( не менее 3).</p>
--	--

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. 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.
2. Козлов, А. А. Системы питания и управления жидкостных ракетных двигательных установок Учеб. для авиадвигателестроит. спец. вуза. - М.: Машиностроение, 1988. - 352 с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Шевяков, А. А. Теория автоматического управления ракетными двигателями Текст Под ред. А. А. Шевякова. - М.: Машиностроение, 1978. - 288 с. ил.
2. Пневмогидравлические системы двигательных установок с жидкостными ракетными двигателями Текст Под ред. В. Н. Челомея. - М.: Машиностроение, 1978. - 239 с. ил.
3. Полухин, Д. А. Отработка пневмогидросистем двигательных установок ракет-носителей и космических аппаратов с ЖРД. - М.: Машиностроение, 1987. - 248 с. ил.

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

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

1. 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. 2. 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:*

**Электронная учебно-методическая документация**

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная 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. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/5808">http://e.lanbook.com/book/5808</a> — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Дополнительная литература	Чернышев, А.В. Расчет и конструирование агрегатов пневматических и пневмогидравлических систем. Пневмосистемы. Источники сжатого газа. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 50 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/52154">http://e.lanbook.com/book/52154</a> — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
3	Основная литература	Кравченко, Д. Г. Устройство двигателя РД-107 : учебное пособие / Д. Г. Кравченко, Ю. В. Анискевич, А. М. Лабанова. — Санкт-	Электронно-библиотечная система	Интернет / Авторизованный



		Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 27 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/122068">https://e.lanbook.com/book/122068</a> (дата обращения: 05.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	издательства Лань	
4	Основная 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: 05.10.2020). — 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)	Стенды, макеты
Лабораторные занятия	100 (2в)	Натурные изделия
Практические занятия и семинары	244 (2)	не требуется