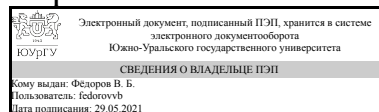


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Аэрокосмический



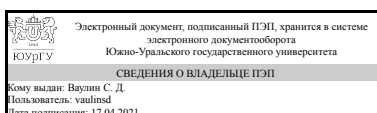
В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** Б.1.29 Гидрогазодинамика авиационных и 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

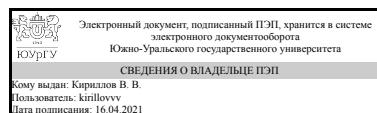
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 16.02.2017 № 141

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



С. Д. Вавлин

Разработчик программы,  
д.техн.н., доц., профессор



В. В. Кириллов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование системы профессиональных знаний и практических навыков при проведении гидрогазодинамических расчетов элементов конструкции и агрегатов авиационных и ракетных двигателей. Задачи дисциплины: - освоение категориально-понятийного аппарата дисциплины; - изучение закономерностей движения жидкостей и газов в элементах конструкции двигателей летательных аппаратов; - изучение методов гидрогазодинамических расчетов авиационных и ракетных двигателей.

## Краткое содержание дисциплины

Гидродинамика магистралей двигательных установок Газодинамика входных устройств реактивных двигательных установок Газодинамика выходных устройств двигательных установок

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОК-10 творческим принятием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знать:закономерности движения скоростных газовых и нестационарных жидкостных сред в системах авиационных и ракетных двигателей
	Уметь:выбирать расчетные модели и схемы для решения задач гидрогазодинамики двигателей.
	Владеть:типовыми методами и алгоритмами газодинамических расчетов; методами измерения и пересчета параметров газовых и жидкостных потоков в авиационных и ракетных двигателях; методами расчета характеристик гидравлических магистралей системы подачи топлива в авиационных и ракетных двигателях; методами расчета параметров газового потока во входных и выходных устройствах двигателей летательных аппаратов.
ПК-5 способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений	Знать:
	Уметь:рассчитывать потери при движении газовых и жидкостных сред в различных элементах конструкции авиационного и ракетного двигателя; составлять алгоритмы решения газодинамических задач
	Владеть:методами профилирования проточной части входных и выходных устройств

## 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.1.33 Устройство ракетных двигателей	ДВ.1.09.01 Моделирование процессов жидкостных ракетных двигателей, Б.1.39 Конструирование жидкостных ракетных

	двигателей, Б.1.37 Теория и проектирование турбонасосных агрегатов, Б.1.35 Системы питания жидкостных ракетных двигателей, Б.1.32 Общая теория авиационных 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: - методы описания газовых сред; - основные законы сохранения газовой динамики; - закономерности движения скоростных газовых сред в технических системах и устройствах; - основные методы решения инженерных задач по газовой динамике. Уметь: - выбирать расчетные модели для решения задач; - составлять алгоритмы решения газодинамических задач; - рассчитывать потери при движении газовых сред в различных технических системах и устройствах. Владеть: - категориями и понятиями курса; - типовыми методами и алгоритмами, используемыми при решении газодинамических задач; - методами измерения и пересчета параметров газовых потоков.
Б.1.33 Устройство ракетных двигателей	Знать: - знать компоновку, назначение, параметры основных машин наземного морского базирования; - знать состав и основные параметры штатных жидких и твердых топлив; - знать системы пневмогидросхем и их состав; - знать назначение, состав, конструкцию камер сгорания, виды систем охлаждения; - знать элементы системы смесеобразования и виды распылительных элементов; - знать классификацию, назначение, принцип действия элементов автоматики; Уметь: применять компьютерные технологии для разработки ракетных двигателей и их отдельных узлов; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования АД и РД. Владеть: понятиями об основах теории реактивного движения, основные соотношения теории реактивного двигателя, понятие о видах реактивных двигателей, классификацию и принцип действия реактивных и ракетных двигателей; понятиями о пневмогидросхемах и их разновидностях; понятиями о газогенераторах, принцип их работы и классификацию; понятиями о назначении, конструкции, классификации турбонасосных агрегатов.

#### 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	
		7	
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	80	80	
Подготовка к экзамену	30	30	
Проработка лекционного материала	50	50	
Вид итогового 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	Гидродинамика магистралей двигательных установок	35	15	10	10
2	Газодинамика входных устройств реактивных двигательных установок	8	6	2	0
3	Газодинамика выходных устройств двигательных установок	21	11	4	6

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Гидродинамика неустановившегося движения жидкости по магистрали	4
2	1	Гидравлический удар в магистралях	3
3	1	Гидравлика элементов двигательных установок	4
4	1	Гидравлика топливных магистралей с насосной системой подачи.	4
5	2	Дозвуковые входные устройства	3
6	2	Сверхзвуковые входные устройства	3
7	3	Дозвуковые сопла	2
8	3	Сверхзвуковые сопла.	2
9	3	Сверхзвуковое течение газа при свободном расширении струи за соплом	3
10	3	Сопла с косым срезом	4

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Гидродинамика магистралей. Гидравлический расчет магистралей	2

		двигательной установки (последовательное и параллельное соединение).	
2	1	Гидродинамика магистралей. Истечение жидкости через отверстия, насадки и струйные форсунки.	1
3	1	Гидродинамика магистралей. Абсолютный и относительный покой жидкости в баке двигательной установке.	1
4	1	Поверочный гидравлический расчет линии окислителя (горючего) маршевого (рулевого) блока двигательной установки изделия 4К50 (4К55, 8К84, 8К51, 11ФМ, 8Ж38, 8К14). Составление пневмогидравлической схемы линии окислителя (горючего), расчетное определение гидравлических потерь на линии, расчет параметров основных агрегатов линии и давления наддува топливного бака. Сравнение расчетных и действительных значений.	6
5	2	Определение параметров газа при прохождении скачков уплотнения во входных устройствах	2
6	3	Расчетное определение изменение параметров по длине сопла ракетного двигателя (изделия 4К50 (4К55, 8К84, 8К51, 11ФМ, 8Ж38, 8К14)	2
7	3	Построение контура сопла Лаваля	2

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Измерение параметров гидравлического удара в простом прямом трубопроводе	4
2	1	Определение коэффициента расхода струйной форсунки	3
3	1	Определение коэффициента расхода центробежной форсунки	3
4	3	Определение коэффициента расхода через сопло	6

### 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	50
Подготовка к экзамену	См. основную и дополнительную литературу	30

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

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Работа в малых группах	Практические занятия и семинары	Решения задач	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	ПК-5 способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений	Экзамен	-
Все разделы	ОК-10 творческим принятием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Экзамен	-

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

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Экзамен	<p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179): КТ-1-7 - вопросы по темам 1-7, КТ-8-11 - задачи по темам 1, 2, 3, 5. Письменные ответы на вопросы по каждой теме (не менее 2 вопросов), решение одной задачи по каждой теме. Время подготовки 0,5 часа по каждой теме. Оценка за экзамен формируется в системе "Электронный ЮУрГУ" из оценок по КТ, посещаемости, доклада: коэффициент КТ1-11 - 1, коэффициент посещаемости - 0,5, коэффициент доклада - 1. 100-85% - отлично, 84-70% - хорошо, 69-51% - удовлетворительно. Доклад по желанию студента. При наборе менее 50,9%, студент сдает письменный экзамен по всем пройденному курсу во время экзаменационной сессии.</p>	<p>Отлично: 100-85% Хорошо: 84-70% Удовлетворительно: 69-51% Неудовлетворительно: менее 50,9%</p>

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Экзамен	<p>18. Виды гидравлических сопротивлений 24. Уравнения газовой динамики для единичной струйки. 25. Предельная скорость движения газа, число Маха, 17. Уравнение Бернулли для потока вязкой несжимаемой жидкости 28. Условия обращения воздействия. 8. Движение жидкой частицы, теорема Коши-Гельмгольца. 34. Истечение из сужающегося сопла. 4. Установившееся течение, плоское течение, одномерное течение. 15. Дополнительные турбулентные напряжения 6. Расход жидкости, живое сечение, средняя скорость</p>

26. Приведённая скорость, энтальпия торможения, температура торможения, полное давление;

19. Течение жидкости в шероховатых трубах, график Никурадзе

22. Основные уравнения газовой динамики.

32. Косые скачки уплотнения. Температура частичного торможения. Особенности изменения параметров на косом скачке уплотнения.

11. Подобие гидромеханических процессов

16. Теория пути перемешивания Прандтля

36. Диффузоры.

10. Уравнение Бернулли для струйки вязкой несжимаемой жидкости.

3. Методы Лагранжа и Эйлера исследования движения

9. Виды деформации жидкой частицы.

35. Сопло Лавалья

1. Равновесие капельных жидкостей

31. Прямой скачок уплотнения. Основное кинематическое соотношение на прямом скачке. Изменение температуры и давления, потери полного давления.

12. Условия механического подобия, критерии подобия, их физический смысл.

33. Течение Прандтля-Майера

13. Режимы течения жидкости

21. Основные понятия газовой динамики.

20. Гидравлический расчёт трубопроводов.

14. Пульсационное и осреднённое движение.

7. Дифференциальное уравнение переноса

29. Газодинамические функции .

30. Распространение слабых (звуковых) волн давления в газовых потоках, характеристики.

2. Основная теорема гидростатики

27. Уравнение Бернулли для сжимаемой среды.

5. Линия тока, трубка тока

23. Скорость распространения малых возмущений давления.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Дейч, М. Е. Газодинамика Учеб. пособие для теплотехн. специальностей вузов М. Е. Дейч, А. М. Зарянкин. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 384 с. ил.
2. Дейч, М. Е. Техническая газодинамика М. Е. Дейч. - 2-е изд., перераб. - М.; Л.: Госэнергоиздат, 1961. - 671 с. ил.; 2 л. диагр.

#### б) дополнительная литература:

1. 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
2. Котомин, Б. П. Прикладная механика жидкости и газа Текст курс лекций Б. П. Котомин, Е. П. Черногорова, А. Е. Черногорова ; Челяб. гос. техн. ун-т, Каф. Теорет. механика ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1995. - 92, [1] с. ил.
3. Прикладная механика жидкости и газа Текст задачи и упражнения А. Т. Зеленков, Б. П. Котомин, Е. П. Черногорова и др.; Юж.-Урал. гос. ун-т,

Каф. Теорет. механика ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 1997. - 89, [2] с. ил.

4. Грабовский, А. М. Гидромеханика и газовая динамика Сб. задач: Учеб. пособие для теплоэнергет. специальностей вузов А. М. Грабовский, К. Ф. Иванов, Г. М. Дунчевский. - Киев: Вища школа, 1987. - 62,[2] с. ил.

5. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа Учеб. пособие для вузов по спец. "Механика". - 5-е изд., перераб. - М.: Наука, 1978. - 736 с. ил.

6. Шишков, А. А. Рабочие процессы в ракетных двигателях твердого топлива Справочник. - М.: Машиностроение, 1989. - 239 с. ил.

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:*

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Лукс А.Л., Крестин Е.А., Матвеев А.Г., Шабанова А.В. Гидрогазодинамика (с элементами процессов и аппаратов)	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
Практические занятия и семинары	240 (2)	Калькуляторы
Лекции	244 (2)	Обучающие плакаты
Лабораторные	101	Стенды, обеспечивающие проведение лабораторных занятий



