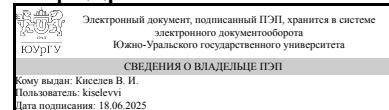


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



В. И. Киселев

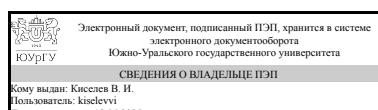
## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.С0.01.01 Аэрогидрогазодинамика летательных аппаратов  
**для специальности** 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов  
**уровень** Специалитет  
**специализация** Ракетные транспортные системы  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Прикладная математика и ракетодинамика

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

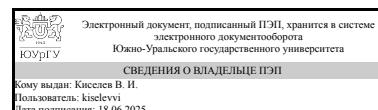
Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.

В. И. Киселев



Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., заведующий  
кафедрой

В. И. Киселев



## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины "Аэрогидрогазодинамика летательных аппаратов" является теоретическая и практическая подготовка студента в области законов движения воздуха, законов взаимодействия между воздушной средой и движущимся в ней твердым телом, а также освоение студентом основных терминов и определений, законов и соотношений аэрогидрогазодинамики, методов расчета аэрогидрогазодинамики ЛА. Задачей дисциплины "Аэрогидрогазодинамика летательных аппаратов" является формирование у студентов: - знаний законов и методов расчета аэрогидрогазодинамики РКТ; - понятий принципов действия и устройства приборов для проведения экспериментальных исследований ЛА; - умений производить измерения основных характеристик ЛА.

## Краткое содержание дисциплины

При изучении данной дисциплины рассматриваются следующие разделы: 1. Введение в курс. 2. Кинематика жидкости. 3. Потенциальное и вихревое движение жидкости. 4. Динамика реальной жидкости. 5. Обтекание тел потенциальным потоком жидкости. 6. Газовая динамика. Малые возмущения и скачки уплотнения 7. Теория подобия. Экспериментальная аэродинамика. Пограничный слой 8. Расчет аэродинамических коэффициентов. 9. Гиперзвуковая аэродинамика

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен конструировать РКТ, ее составные части, системы и агрегаты	Знает: особенности инженерно-технических подходов к решению проблем аэрогидрогазодинамики ЛА Умеет: использовать базовые положения математики и естественных наук при решении аэрогидрогазодинамических задач Имеет практический опыт: определения гидродинамических и аэродинамических характеристик ЛА

## 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 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>		
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5
Решение задач	20	20
Подготовка конспектов	11,5	11,5
Подготовка к экзамену	20	20
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 в курс	6	4	2	0
2	Кинематика жидкости	4	2	2	0
3	Потенциальное и вихревое движение жидкости	6	4	2	0
4	Динамика идеальной жидкости	6	6	0	0
5	Обтекание тел потенциальным потоком жидкости	6	2	4	0
6	Газовая динамика. Малые возмущения и скачки уплотнения	6	4	2	0
7	Теория подобия. Экспериментальная аэродинамика. Пограничный слой	8	4	4	0
8	Расчет аэродинамических коэффициентов	4	4	0	0
9	Гиперзвуковая аэродинамика	2	2	0	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1-2	1	Основные задачи аэродинамики в ракетостроении. Физические свойства жидкости и газа. Закон Паскаля. Стандартная атмосфера	4
3	2	Методы изучения движения жидкости. Дифференциальное уравнение неразрывности. Уравнение расхода.	2
4-5	3	Потенциальное и вихревое движения жидкости. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Интеграл Лагранжа для неустановившегося движения идеальной жидкости.	4

6-8	4	Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости Новье-Стокса. Уравнение Бернулли для струйки и потока идеальной жидкости. Число Рейнольдса. Теоретическое и экспериментальное определение гидравлического сопротивления.	6
9	5	Бесциркуляционное обтекание кругового цилиндра. Парадокс Даламбера-Эйлера. Циркуляционное обтекание кругового цилиндра. Подъемная сила кругового цилиндра.	2
10-11	6	Система основных уравнений в газовой динамике. Скорость звука, параметры торможения. Число Маха $M$ и коэффициент скорости. Образование ударных волн. Ударная адиабата. Сопло Лаваля.	4
12-13	7	Понятие о физическом моделировании. Основы теории подобия. Основы критерия подобия. Связь между подобием и размерностью. Экспериментальная аэrodинамика. Экспериментальное определение аэrodинамических характеристик. Дифференциальные уравнения гидродинамического пограничного слоя.	4
14-15	8	Аэродинамические силы, моменты и их коэффициенты крыла и ЛА. Обтекание тонких тел вращения при малых углах атаки. Аэродинамические характеристики тел вращения при малых углах атаки.	4
16	9	Движение газа при гиперзвуковых скоростях. Механика разреженного газа. Аэродинамические характеристики ЛА при гиперзвуковых скоростях.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Аэродинамические силы и моменты Коэффициент осевой силы Коэффициент нормальной силы Коэффициент момента сил	2
2	2	Стандартная атмосфера	2
3	3	Потенциальное и вихревое движения жидкости.	2
4-5	5	Бесциркуляционное обтекание кругового цилиндра.	4
6	6	Скорость звука, параметры торможения.	2
7-8	7	Теория подобия. Критерии подобия.	4

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Решение задач	ПУМД, доп. лит. 4; ЭУМД, осн. лит. 3.	5	20
Подготовка конспектов	ПУМД, доп. лит. 4.	5	11,5
Подготовка к экзамену	ПУМД, осн. лит. 1-2; доп. лит. 1-2; ЭУМД, осн. лит. 1-2; доп. лит. 2-4; метод. пос. 1-4.	5	20

## 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	5	Текущий контроль	Решение задач по главам 1-4	1	6	Студентудается 6 задач. Правильное решение задачи соответствует 1 баллу, неправильное решение - 0 баллов. Максимальное количество баллов - 6.	экзамен
2	5	Текущий контроль	Решение задач по главам 5-8	1	9	Студентудается 9 задач. Правильное решение задачи соответствует 1 баллу, неправильное решение - 0 баллов. Максимальное количество баллов - 9.	экзамен
3	5	Текущий контроль	Решение задач по главам 9-12	1	3	Студентудается 3 задачи. Правильное решение задачи соответствует 1 баллу, неправильное решение - 0 баллов. Максимальное количество баллов - 3.	экзамен
4	5	Текущий контроль	Решение задач по главам 13, 22	1	4	Студентудается 4 задачи. Правильное решение задачи соответствует 1 баллу, неправильное решение - 0 баллов. Максимальное количество баллов - 4.	экзамен
5	5	Текущий контроль	Подготовка конспекта	1	3	Студент сдает на проверку конспект лекций по темам 1-13, 22 учебного пособия. Аккуратно оформленный конспект, в котором присутствуют все основные понятия, законы, формулы и графики, оценивается в 3 балла. Неполный конспект (отсутствует что-либо из вышеперечисленного) оценивается в 2 балла. Неполный и неаккуратный конспект оценивается в 1 балл. Отсутствие конспекта - 0 баллов.	экзамен
6	5	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	20	На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся. Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля и достижении 60-100% рейтинга обучающийся получает соответствующую рейтинговую оценку. При желании повысить рейтинг за курс обучающийся на одном экзамене опрашивается по билету, сформированному из вопросов, выносимых на экзамен. Билет содержит два вопроса. Правильный ответ на вопрос соответствует 10 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 20.	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (экзамена) для улучшения своего рейтинга. Экзамен проводится в соответствии с расписанием экзаменационной сессии. На экзамен отводится 30 минут. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы в пределах выданной темы.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ПК-1	Знает: особенности инженерно-технических подходов к решению проблем аэрогидрогазодинамики ЛА	+++	+++	+++	+++	+++	+++
ПК-1	Умеет: использовать базовые положения математики и естественных наук при решении аэрогидрогазодинамических задач	+++	+++	+++	+++	+++	+++
ПК-1	Имеет практический опыт: определения гидродинамических и аэродинамических характеристик ЛА	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Кудинов, А. А. Гидрогазодинамика : учебное пособие / А. А. Кудинов. - М. : Инфра-М, 2012. - 336 с.
2. Пегов, В. И. Прикладная аэродинамика : учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию / В. И. Пегов. - Челябинск : ЧГТУ, 1994. - 54 с.

#### б) дополнительная литература:

1. Абрамович, Г. Н. Прикладная газовая динамика. В 2-х ч. : учебное руководство для вузов. Ч. 1 / Г. Н. Абрамович. - М. : Наука, 1991. - 600 с.
2. Калугин, В. Т. Аэрогазодинамика органов управления полетом летательных аппаратов : учебное пособие / В. Т. Калугин. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004
3. Пегов, В. И. Введение в аэродинамику ракет : Курс лекций / В. И. Пегов. - Челябинск : ЧГТУ, 1994. - 39 с.
4. Мхитарян, А. М. Аэродинамика : учебник / А. М. Мхитарян. - репринтное переиздание 1976 г. - М. : Эколит, 2012. - 448 с.

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

Не предусмотрены

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

1. 1. Брюханов, О. Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики : учебник / О. Н. Брюханов, В. И. Коробко, А. Т. Мелик-Аракелян. - М. : Инфра-М, 2012
2. Козырь, И.Е. Практикум по гидравлике [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И.Е. Козырь, И.Ф. Пикалова, Н.В. Ханов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 174 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72985](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72985)
3. Шабловский, А.С. Выполнение домашних заданий и курсовых работ по дисциплине «Механика жидкости и газа»: учеб. пособие: В 2 ч. —Ч. 2: Гидродинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2012. — 67 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=58555](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=58555)
4. Практикум по гидравлике [Текст] : учебное пособие / Н. Г. Кожевников, Н. П. Тогунова, А. В. Ещин и др. -М. : Инфра-м, 2016

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

1. 1. Брюханов, О. Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики : учебник / О. Н. Брюханов, В. И. Коробко, А. Т. Мелик-Аракелян. - М. : Инфра-М, 2012
2. Козырь, И.Е. Практикум по гидравлике [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И.Е. Козырь, И.Ф. Пикалова, Н.В. Ханов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 174 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72985](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72985)
3. Шабловский, А.С. Выполнение домашних заданий и курсовых работ по дисциплине «Механика жидкости и газа»: учеб. пособие: В 2 ч. —Ч. 2: Гидродинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2012. — 67 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=58555](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=58555)
4. Практикум по гидравлике [Текст] : учебное пособие / Н. Г. Кожевников, Н. П. Тогунова, А. В. Ещин и др. -М. : Инфра-м, 2016

## **Электронная учебно-методическая документация**

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

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
Практические занятия и семинары	306 (5)	1. Проектор портативный переносной; 2. Экран переносной; 3. Мультимедийный и интерактивный информационный комплекс "Газовая динамика ЛА"; 4. Эмулятор-тренажер "Термогазодинамика ракетного двигателя".
Лекции	306 (5)	1. Проектор портативный переносной; 2. Экран переносной;