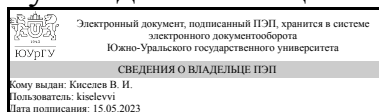


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель специальности



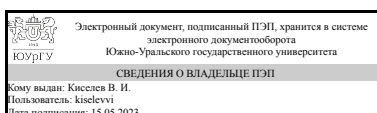
В. И. Киселев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.О.36 Аэрогидрогазодинамика  
**для специальности** 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов  
**уровень** Специалитет  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Прикладная математика и ракетодинамика

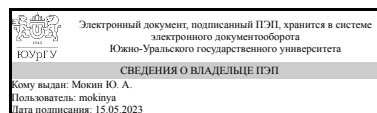
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

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



В. И. Киселев

Разработчик программы,  
д.физ.-мат.н., доц., профессор



Ю. А. Мокин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины "Аэрогазодинамика РКТ" 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 аэрогазодинамики, методов расчета аэрогазодинамики ЛА. Задачей дисциплины "Аэрогазодинамика РКТ" является формирование у студентов: - знаний законов и методов расчета аэрогазодинамики 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
ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач	Знает: особенности инженерно-технических подходов к решению проблем аэрогазодинамики ЛА Умеет: использовать базовые положения математики и естественных наук при решении аэрогазодинамических 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
1.О.11.03 Специальные главы математики	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
1.О.11.03 Специальные главы математики	Знает: основные положения теории рядов, теории вероятностей и математической статистики Умеет: оценивать сходимость рядов,

	исчислять основные характеристики вероятностных процессов Имеет практический опыт: разложения функции в ряды, владеть навыками вероятностной и статистической оценкой событий и процессов
--	---

#### 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>	48	48	
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 к экзамену	20	20	
Подготовка конспектов	11,5	11,5	
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 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	1	Основные задачи аэродинамики в ракетостроении. Физические свойства жидкости и газа.	2
2	1	Закон Паскаля. Стандартная атмосфера	2
3	2	Методы изучения движения жидкости. Дифференциальное уравнение неразрывности. Уравнение расхода.	2
4	3	Потенциальное и вихревое движения жидкости. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости.	2
5	3	Уравнение Бернулли. Интеграл Лагранжа для неустановившегося движения идеальной жидкости.	2
6	4	Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости Новье-Стокса.	2
7	4	Уравнение Бернулли для струйки и потока идеальной жидкости.	2
8	4	Число Рейнольдса. Теоретическое и экспериментальное определение гидравлического сопротивления.	2
9	5	Бесциркуляционное обтекание кругового цилиндра. Парадокс Даламбера-Эйлера. Циркуляционное обтекание кругового цилиндра. Подъемная сила кругового цилиндра.	2
10	6	Система основных уравнений в газовой динамике. Скорость звука, параметры торможения.	2
11	6	Число Маха М и коэффициент скорости. Образование ударных волн. Ударная адиабата. Сопло Лавалья.	2
12-13	7	Понятие о физическом моделировании. Основы теории подобия. Основы критерия подобия. Связь между подобием и размерностью. Экспериментальная аэродинамика. Экспериментальное определение аэродинамических 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	Семестр	Кол-

	разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс		во часов
Решение задач	ПУМД, доп. лит. 4; ЭУМД, осн. лит. 3.	5	20
Подготовка к экзамену	ПУМД, осн. лит. 1-2; доп. лит. 1-4; ЭУМД, осн. лит. 1-3; доп. лит. 4-6; метод. пос. 1-4.	5	20
Подготовка конспектов	ПУМД, доп. лит. 4.	5	11,5

## 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	Учитывается в ПА
1	5	Текущий контроль	Решение задач по главам 1-4	1	6	Студенту дается 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	Студенту дается 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	Студенту дается 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	Студенту дается 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. При условии	экзамен

					выполнения всех мероприятий текущего контроля и достижении 60-100% рейтинга обучающийся получает соответствующую рейтинговую оценку. При желании повысить рейтинг за курс обучающийся на очном 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.	
--	--	--	--	--	--	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (экзамен) для улучшения своего рейтинга. Экзамен проводится в соответствии с расписанием экзаменационной сессии. На экзамен отводится 30 минут. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы в пределах выданного билета.	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
ОПК-5	Знает: особенности инженерно-технических подходов к решению проблем аэрогазодинамики ЛА	+	+	+	+	+	+
ОПК-5	Умеет: использовать базовые положения математики и естественных наук при решении аэрогазодинамических задач	+	+	+	+		+
ОПК-5	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. Газодинамика : 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 втузов. 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. Практикум по гидравлике [Текст] : учебное пособие / Н. Г. Кожевников, Н. П. Тогунова, А. В. Ещин и др. -М. : Инфра-м, 2016
2. 1. Брюханов, О. Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики : учебник / О. Н. Брюханов, В. И. Коробко, А. Т. Мелик-Аракелян. - М. : Инфра-М, 2012
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. 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)

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

1. Практикум по гидравлике [Текст] : учебное пособие / Н. Г. Кожевников, Н. П. Тогунова, А. В. Ещин и др. -М. : Инфра-м, 2016
2. 1. Брюханов, О. Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики : учебник / О. Н. Брюханов, В. И. Коробко, А. Т. Мелик-Аракелян. - М. : Инфра-М, 2012
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. 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)

## Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в	Библиографическое описание
---	----------------	------------------------	----------------------------

		электронной форме	
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Строгалева, В.П. Основы прикладной газовой динамики [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Строгалева, И.О. Толкачева, Н.В. Быков. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2014. — 174 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=62058">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=62058</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	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: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72985">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72985</a>
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Крестин, Е.А. Задачник по гидравлике с примерами расчетов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.А. Крестин, И.Е. Крестин. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 320 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50160">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50160</a>
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Высоцкий, Л.И. Продольно-однородные осредненные турбулентные потоки [Электронный ресурс] : монография / Л.И. Высоцкий, И.С. Высоцкий. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 666 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64327">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64327</a>
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Исаков, А.Л. Синтез облика баллистических ракет: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова (Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова), 2010. — 129 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64104">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64104</a>
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Красильщиков, А.П. Экспериментальные исследования тел вращения в гиперзвуковых потоках [Электронный ресурс] : / А.П. Красильщиков, Л.П. Гурьяшкин. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2007. — 205 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47553">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47553</a>

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	306	1. Проектор портативный переносной; 2. Экран переносной; 3.



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