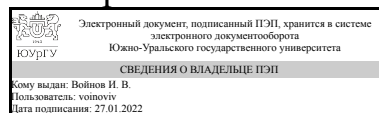


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Филиал г. Миасс  
Электротехнический



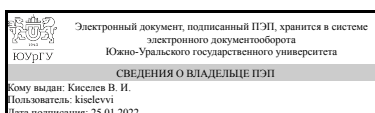
И. В. Войнов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.О.35 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

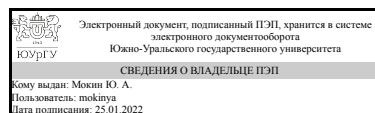
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

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



В. И. Киселев

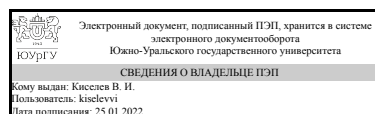
Разработчик программы,  
д.физ.-мат.н., доц., профессор



Ю. А. Мокин

СОГЛАСОВАНО

Руководитель специальности  
к.техн.н., доц.



В. И. Киселев

## 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.10.02 Математический анализ	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.10.02 Математический анализ	Знает: основы дифференциального и интегрального исчисления, основы математического анализа Умеет: решать системы

	дифференциальных уравнений и исчислять интегралы различных типов, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности Имеет практический опыт: решения систем уравнений и применения интегрального исчисления для решения задач профессиональной деятельности, математического моделирования различных процессов и явлений
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 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	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
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 $M$ и коэффициент скорости. Образование ударных волн. Ударная адиабата. Сопло Лавалья.	2
12	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
13	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
14	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	Бесциркуляционное обтекание кругового цилиндра.	4
5	6	Скорость звука, параметры торможения.	2
6	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, осн. лит. 3; ЭУМД, осн. лит. 3.	5	20
Подготовка к экзамену	ПУМД, осн. лит. 1-3; доп. лит. 1-3; ЭУМД, осн. лит. 1-3; доп. лит. 4-6; метод. пос. 1-4.	5	20
Подготовка конспектов	ПУМД, осн. лит. 3.	5	11,5

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

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	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	экзамен

						конспект оценивается в 1 балл. Отсутствие конспекта - 0 баллов.	
6	5	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	20	Экзаменационный билет включает 2 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	Экзамен проводится в устной форме по экзаменационным билетам. Экзаменационный билет включает 2 вопроса, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 0,5 часа. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильный ответ на вопрос соответствует 10 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов - 20.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Оценочные материалы

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	+	+	+	+		+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному 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.
3. Мхитарян, А. М. Аэродинамика : учебник / А. М. Мхитарян. - репринтное переиздание 1976 г. - М. : Эколит, 2012. - 448 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. Пегов, В. И. Введение в аэродинамику ракет : Курс лекций / В. И. Пегов. - Челябинск : Чгту, 1994. - 39 с.

3. Калугин, В. Т. Аэрогазодинамика органов управления полетом летательных аппаратов : учебное пособие / В. Т. Калугин. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004

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 электронной форме	Библиографическое описание
---	----------------	------------------------------------------	----------------------------

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 занятия и семинары	306 (5)	CEL-1700/ASUS P4BGL/256M PC2100/40.0 G SG 7200/FDD/A313U/KB/M/Монитор 17" Samsung 743N
Лекции	306	CEL-1700/ASUS P4BGL/256M PC2100/40.0 G SG



	(5)	7200/FDD/A313U/KB/M/Монитор 17" Samsung 743N
Лабораторные занятия	306 (5)	Мультимедийный и интерактивный информационный комплекс "Газовая динамика ЛА". Эмулятор-тренажер "Термогазодинамика ракетного двигателя"