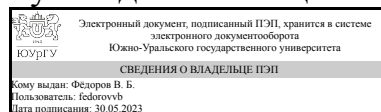


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности



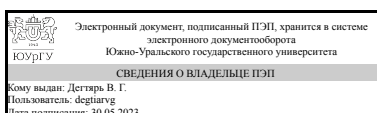
В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.39 Аэрогидрогазодинамика
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
уровень Специалитет
форма обучения очная
кафедра-разработчик Летательные аппараты

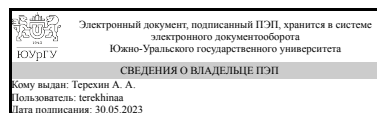
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

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



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



А. А. Терехин

1. Цели и задачи дисциплины

Формирование системы профессиональных знаний и практических навыков по аэрогазодинамике ракетно-космической технике (РКТ). Предоставление обучающимся сведений, являющихся базовыми при расчетах и проектировании ракет, расчете аэрогазодинамических процессов и параметров внешней аэродинамики

Краткое содержание дисциплины

Дисциплина содержит основные понятия и уравнения аэрогазодинамики; основы механики разреженных и сплошных сред; расчет потенциальных течений; расчет вихревых течений; сопротивление тонких тел; влияние формы тела на волновое сопротивление; влияние вязкости потока и донного разрежения на сопротивление; определение коэффициентов нормальной силы, момента и центра давления; расчет распределения давления при несимметричном обтекании; интерференция между отдельными частями ЛА

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	<p>Знает: основные физические положения, законы аэрогазодинамики, основные свойства жидкости и газов, основные законы и уравнения гидрогазоаэродинамики для идеальной жидкости и газа и вязкой жидкости. иметь представление об основных научно-технических проблемах и перспективах развития науки и техники в области аэрогазодинамики, их взаимосвязи со смежными областями, о тенденциях создания принципиально новых форм летательных аппаратов и ракет</p> <p>Умеет: применять основные законы аэрогазодинамики при анализе процессов нагружения объектов ракетно-космической техники, использовать методы инженерных и теоретических расчетов, типовые и авторские методики инженерных расчетов аэродинамических и гидродинамических параметров ракет (в том числе с применением вычислительной техники), специальную литературу и другие информационные данные (в том числе на иностранных языках) для решения профессиональных задач; методы моделирования, расчета и экспериментальных исследований для разработки новых летательных аппаратов, а также методы обработки экспериментальных данных и оценки погрешностей расчетов</p> <p>Имеет практический опыт: проведения расчетов аэродинамических, газодинамических процессов</p>

	внешних и внутренних течений в ракетных системах; разработки схем, графиков, диаграмм и других профессионально-значимых изображений, работы с технической литературой, научно-техническими отчетами, справочниками и другими информационными источниками, составления программ компьютерных расчетов аэродинамических параметров ракет, применения вычислительной техники для решения специальных задач, выполнения инженерных расчетов по основным типам профессиональных задач, разработки планов исследований, выполнения экспериментов.
--	---

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	1.О.38 Метод конечных элементов

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>	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
Выполнение самостоятельной работы	31,5	31,5
Изучение теоретического материала при подготовке к практическим занятиям.	10	10
Подготовка к экзамену	10	10
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	Цели и задачи курса. Роль российских и зарубежных ученых в решении задач развития теории. Связь с ранее изучаемыми дисциплинами и важность для последующих дисциплин. Основные модели, свойства, методы.	6	4	2	0
2	Общие вопросы аэрогазодинамики (основные понятия и уравнения динамики жидкости и газа)	8	6	2	0
3	Потенциальные течения	4	4	0	0
4	Течения со сверхзвуковыми скоростями	7	4	3	0
5	Аэродинамика ЛА	12	6	6	0
6	Пограничный слой	2	2	0	0
7	Гидростатика и гидравлика	7	4	3	0
8	Перспективы развития разделов и методов решения задач	2	2	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1-2	1	Основные свойства жидкостей и газов: сплошности, вязкости, сжимаемости, диссоциации и ионизации. Свойство сплошности, свойство вязкости, свойство сжимаемости, свойство изменения теплоемкости, диссоциации и ионизации.	4
3-4	2	Силы в жидкостях и газах. Объемные и поверхностные силы в жидкости, аэродинамические силы, аэродинамические коэффициенты сил, действующих на поверхность S , системы координат, аэродинамические коэффициенты моментов ЛА, коэффициент центра давления, статическая устойчивость и коэффициенты, характеризующие ее запас, зависимость АДК от α , M , Re .	4
5	2	Основные уравнения гидродинамики. Методы изучения движения жидкости. Уравнение сплошности (неразрывности). Уравнение движения.	2
6-7	3	Уравнение энергии. Уравнение энергии вязкой, теплопроводной, излучающей жидкости. Энтропические течения. Анализ уравнения энергии для газа. Критические параметры. Связь параметров торможения с числом M движущегося газа. Связь критических параметров с параметрами торможения. Зависимость параметров газа, движущегося по соплу, от степени расширения сопла S/S^* . Влияние сжимаемости на давление торможения и коэффициент давления.	4
8-9	4	Скачки уплотнения. Прямые скачки. Диссоциирующий газ. Косой скачок уплотнения. Течения около тупого угла (Прандтля – Майера). Обтекание плоских тел. Обтекание пластины сверхзвуковым потоком (линейная теория). Аэродинамические коэффициенты профиля крыла. Индуктивное сопротивление крыльев (модель несжимаемой среды).	4
10	5	Обтекание тел вращения. Обтекание конуса сверхзвуковым потоком. Обтекание тел вращения с криволинейной образующей ($M > 1$). Аэродинамические коэффициенты для тел вращения.	2
11	5	Кинематика жидкости. Характеристики движения жидкости. Потенциальные течения.	2

12	5	Закон сохранения импульса.	2
13	6	Гидростатика. Основное уравнение гидростатики. Относительный покой. Силы давления жидкости на криволинейные поверхности.	2
14-15	7	Критерии кинематического и силового подобия. Гидравлика. Течение вязкой жидкости по трубам. Уравнение Бернулли с учетом потерь давления на трение. Местные сопротивления. Истечение газов через отверстия и насадки. Нестационарные течения. Неустановившиеся течения жидкостей. Гидравлический удар в трубах.	4
16	8	Пограничный слой. Основные уравнения. Пограничный слой на пластине.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Цели и задачи курса. Основные модели, свойства, методы.	2
2	2	Общие вопросы аэрогазодинамики (основные понятия и уравнения динамики жидкости и газа).	2
3	4	Течения со сверхзвуковыми скоростями.	3
4-5	5	Аэродинамика ракет.	3
6-7	5	Аэродинамика ракет.	3
8	7	Гидростатика и гидравлика.	3

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
Выполнение самостоятельной работы	Шлихтинг. Г. Теория пограничного слоя. М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1974 г., 712 с. Петров К.П. Аэродинамика тел простейшей формы. М.: Физматлит, 1998 г., 428 с. Краснов Н.Ф. Прикладная аэродинамика. М.: Высшая школа, 1974 г., 727с. Кравец А. С. Характеристики авиационных профилей. М: Государственное издательство оборонной промышленности, 1939 г., 329 с Аржаников Н.С. Аэродинамика летательных аппаратов. М.: Высшая школа, 1983 г., 485 с. Краснов Н.Ф. Аэродинамика. Ч. П. Методы аэродинамического расчета: Учебник для студентов вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа 1980г., 416 с.	5	31,5
Изучение теоретического материала при подготовке к практическим занятиям.	Шлихтинг. Г. Теория пограничного слоя. М.: Главная редакция физико-	5	10

	<p>математической литературы, 1974 г., 712 с. Петров К.П. Аэродинамика тел простейшей формы. М.: Физматлит, 1998 г., 428 с. Краснов Н.Ф. Прикладная аэродинамика. М.: Высшая школа, 1974 г., 727с. Кравец А. С. Характеристики авиационных профилей. М: Государственное издательство оборонной промышленности, 1939 г., 329 с Аржаников Н.С. Аэродинамика летательных аппаратов. М.: Высшая школа, 1983 г., 485 с. Краснов Н.Ф. Аэродинамика. Ч. П. Методы аэродинамического расчета: Учебник для студентов втузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа 1980г., 416 с.</p>		
Подготовка к экзамену	<p>Шлихтинг. Г. Теория пограничного слоя. М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1974 г., 712 с. Петров К.П. Аэродинамика тел простейшей формы. М.: Физматлит, 1998 г., 428 с. Краснов Н.Ф. Прикладная аэродинамика. М.: Высшая школа, 1974 г., 727с. Кравец А. С. Характеристики авиационных профилей. М: Государственное издательство оборонной промышленности, 1939 г., 329 с Аржаников Н.С. Аэродинамика летательных аппаратов. М.: Высшая школа, 1983 г., 485 с. Краснов Н.Ф. Аэродинамика. Ч. П. Методы аэродинамического расчета: Учебник для студентов втузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа 1980г., 416 с.</p>	5	10

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	Контрольная точка 1	1	20	Контрольная точка состоит из 4 заданий. Каждое задание оценивается в 5 баллов. 5 баллов: выставляется за выполненный отчет по контрольной точке, которое полностью соответствует заданию,	экзамен

					<p>отчет имеет логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными положениями. При защите студент показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, легко отвечает на поставленные вопросы.</p> <p>4 балла: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который полностью соответствует заданию, отчет имеет грамотно изложенную теоретическую главу, в ней представлены достаточно подробный анализ и критический разбор практической деятельности, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными положениями.</p> <p>3 балла: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который не полностью соответствует техническому заданию, отчет имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, но имеет поверхностный анализ, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные положения.</p> <p>2 балла: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который не соответствует заданию, отчет не имеет анализа, не отвечает требованиям. В работе нет выводов либо они носят декларативный характер.</p> <p>1 балл: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который не соответствует заданию, отчет не имеет анализа. В работе присутствуют грубые ошибки.</p>		
2	5	Текущий контроль	Контрольная точка 2	1	20	<p>Контрольная точка состоит из 4 заданий.</p> <p>Каждое задание оценивается в 5 баллов.</p> <p>5 баллов: выставляется за выполненный отчет по контрольной точке, которое полностью соответствует заданию, отчет имеет логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными положениями. При защите студент показывает глубокое знание вопросов темы, свободно</p>	экзамен

					<p>оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, легко отвечает на поставленные вопросы.</p> <p>4 балла: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который полностью соответствует заданию, отчет имеет грамотно изложенную теоретическую главу, в ней представлены достаточно подробный анализ и критический разбор практической деятельности, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными положениями.</p> <p>3 балла: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который не полностью соответствует техническому заданию, отчет имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, но имеет поверхностный анализ, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные положения.</p> <p>2 балла: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который не соответствует заданию, отчет не имеет анализа, не отвечает требованиям. В работе нет выводов либо они носят декларативный характер.</p> <p>1 балл: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который не соответствует заданию, отчет не имеет анализа. В работе присутствуют грубые ошибки.</p>		
3	5	Текущий контроль	Контрольная точка 3	1	20	<p>Контрольная точка состоит из 4 заданий.</p> <p>Каждое задание оценивается в 5 баллов.</p> <p>5 баллов: выставляется за выполненный отчет по контрольной точке, которое полностью соответствует заданию, отчет имеет логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными положениями. При защите студент показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, легко отвечает на поставленные вопросы.</p> <p>4 балла: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который</p>	экзамен

					<p>полностью соответствует заданию, отчет имеет грамотно изложенную теоретическую главу, в ней представлены достаточно подробный анализ и критический разбор практической деятельности, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными положениями.</p> <p>3 балла: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который не полностью соответствует техническому заданию, отчет имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, но имеет поверхностный анализ, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные положения.</p> <p>2 балла: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который не соответствует заданию, отчет не имеет анализа, не отвечает требованиям. В работе нет выводов либо они носят декларативный характер.</p> <p>1 балл: выставляется за отчет по отчет по контрольной точке, который не соответствует заданию, отчет не имеет анализа. В работе присутствуют грубые ошибки.</p>		
4	5	Промежуточная аттестация	Экзаменационная работа	-	40	<p>На экзамене выдается экзаменационный билет, состоящий из 8 вопросов.</p> <p>Каждый вопрос оценивается в 5 баллов.</p> <p>5 баллов: студент владеет знаниями вопроса в полном объеме; самостоятельно и в логической последовательности отвечает на вопрос, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное</p> <p>4 балла: студент владеет знаниями вопроса почти в полном объеме (имеются пробелы знаний только в некоторых моментах); студент самостоятельно, и отчасти при наводящих вопросах, дает полноценные ответы на вопросы билета, не всегда выделяет наиболее существенное, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах.</p> <p>3 балла: студент владеет ответил на</p>	экзамен

					часть вопроса, проявляет затруднения в самостоятельном ответе, оперирует неточными формулировками, в процессе ответа допускает ошибки по существу вопроса 2 балла: ответ не соответствует формулировке вопроса, ответ не имеет анализа В ответе нет выводов либо они носят декларативный характер. 1 балл: ответ не соответствует формулировке вопроса, ответ не имеет анализа. В ответе присутствуют грубые ошибки.	
--	--	--	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. Критерии оценивания. Отлично: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100%. Хорошо: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84%. Удовлетворительно: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %. Неудовлетворительно: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ОПК-5	Знает: основные физические положения, законы аэрогидрогазодинамики, основные свойства жидкости и газов, основные законы и уравнения гидрогазоаэродинамики для идеальной жидкости и газа и вязкой жидкости. иметь представление об основных научно-технических проблемах и перспективах развития науки и техники в области аэрогидрогазодинамики, их взаимосвязи со смежными областями, о тенденциях создания принципиально новых форм летательных аппаратов и ракет	+	+	+	+
ОПК-5	Умеет: применять основные законы аэрогидрогазодинамики при анализе процессов нагружения объектов ракетно-космической техники, использовать методы инженерных и теоретических расчетов, типовые и авторские методики инженерных расчетов аэродинамических и гидродинамических параметров ракет (в том числе с применением вычислительной техники), специальную литературу и другие информационные данные (в том числе на иностранных языках) для решения профессиональных задач; методы моделирования, расчета и экспериментальных исследований для разработки новых летательных аппаратов, а также методы обработки экспериментальных данных и оценки погрешностей расчетов	+	+	+	+
ОПК-5	Имеет практический опыт: проведения расчетов аэродинамических, газодинамических процессов внешних и внутренних течений в ракетных системах; разработки схем, графиков, диаграмм и других профессионально-	+	+	+	+

значимых изображений, работы с технической литературой, научно-техническими отчетами, справочниками и другими информационными источниками, составления программ компьютерных расчетов аэродинамических параметров ракет, применения вычислительной техники для решения специальных задач, выполнения инженерных расчетов по основным типам профессиональных задач, разработки планов исследований, выполнения экспериментов.				
--	--	--	--	--

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Прикладная аэродинамика Учеб. пособие для вузов Н. Ф. Краснов, В. Н. Кошевой, А. Н. Данилов и др.; Под общ. ред. Н. Ф. Краснова. - М.: Высшая школа, 1974. - 731 с.
2. Мхитарян, А. М. Аэродинамика Учебник для студ. авиац. спец. вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1976. - 448 с. ил.
3. Фабрикант, Н. Я. Аэродинамика Общ. курс. - М.: Наука, 1964. - 814 с.

б) дополнительная литература:

1. Аллен, Дж. Аэродинамика ракет Кн. 1 Введение в аэродинамику ракет В 2-х кн. Под ред. М. Хемша, Дж. Нилсена; Пер. с англ. М. Хонькина с предисл. Ю. А. Рыжова. - М.: Мир, 1989. - 425 с. ил.
2. Аржаников, Н. С. Аэродинамика больших скоростей Учеб. для авиац. вузов и фак. - М.: Высшая школа, 1965. - 559 с. ил.
3. Петров, К. П. Аэродинамика тел простейших форм. - М.: Факториал, 1998. - 432 с. ил.

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

1. Ракетная техника.
2. Вопросы ракетной техники.

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Сидельников Р.В. Семестровые, курсовые и научно-исследовательские работы в курсе аэрогазодинамика: Учебное пособие. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2014. - 240 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Сидельников Р.В. Семестровые, курсовые и научно-исследовательские работы в курсе аэрогазодинамика: Учебное пособие. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2014. - 240 с.

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)
3. ТЕСИС-Flow Vision 3.0.8(бессрочно)
4. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
5. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
6. -Creo Academic(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	104 (2)	Аэродинамические трубы, жидкостные микроманометры, модели исследований и другое оборудование для проведения лабораторных работ.
Практические занятия и семинары	114-1 (2)	Компьютерная программа по расчету аэродинамических коэффициентов ЛА (материалы на электронных носителях в лаборатории компьютерных технологий аэрокосмического факультета).