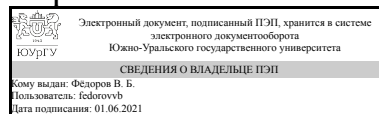


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Аэрокосмический



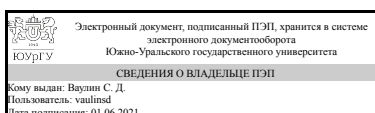
В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины В.1.09 Практикум по виду профессиональной деятельности  
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

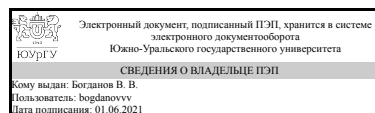
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 16.02.2017 № 141

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



С. Д. Ваулин

Разработчик программы,  
старший преподаватель



В. В. Богданов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Обучить студентов методикам и приёмам использования современных средств автоматизации и вычислительной техники для выполнения проектно-конструкторских работ по созданию (проектированию и конструированию) двигателей летательных аппаратов. Сформировать у студентов навыки владения методиками трёхмерного моделирования, проведения численных симуляций теплофизических процессов, позволяющие рассчитывать теплофизические характеристики конструкций. Сформировать у студентов навыки использования ЭВМ для принятия оптимальных проектно-конструкторских решений как в области отдельных важных узлов конструкции, так и изделия в целом.

## Краткое содержание дисциплины

Подготовка исходных данных и проведение серии симуляций на ЭВМ различных задач гидрогазодинамики (внешние течения, внутренние течения в каналах различной геометрии при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях потока), а так же задач теплообмена (конвективного, радиационного) при помощи современных численных методов и пакетов программного обеспечения.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОК-12 наличием навыков работы с компьютером как средством управления и получения информации	Знать:
	Уметь: обращаться с ЭВМ как с инструментом получения расчётных данных конструкции и проведения численного эксперимента.
	Владеть:
ОК-13 способностью применять прикладные программные средства при решении практических вопросов	Знать:
	Уметь: применять на практике программные пакеты трёхмерного твердотельного моделирования и вычислительной гидрогазодинамики.
	Владеть:
ОПК-6 способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности	Знать:
	Уметь: самостоятельно при помощи ЭВМ проводить инженерные расчёты гидрогазодинамики, тепло- и массообмена в широкой области направлений деятельности, в том числе в сферах жилищно-коммунального хозяйства, нефте-газовой отрасли, сельском хозяйстве.
	Владеть:

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.13 Компьютерная графика,	ДВ.1.09.02 Моделирование теплофизических

Б.1.12 Инженерная графика, Б.1.24 Термодинамика и теплопередача, Б.1.07 Информатика и программирование	процессов, ДВ.1.09.01 Моделирование процессов жидкостных ракетных двигателей
--	--

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

Дисциплина	Требования
Б.1.12 Инженерная графика	Знание основ инженерной графики: формы представления трёхмерных объектов на плоскости, типы проекций, основные требования ЕСКД к созданию и оформлению чертежей деталей и сборочных единиц изделий. Умение правильно интерпретировать чертежи, создавать по ним трёхмерные модели. Навыки построения на плоскости проекций и сечений геометрических фигур произвольной формы.
Б.1.24 Термодинамика и теплопередача	Знание основных законов термодинамики. Навыки выполнения расчётов теплопередачи простых случаев: теплопроводность сквозь плоскую или цилиндрическую стенку, конвективный и радиационный теплообмен.
Б.1.13 Компьютерная графика	Знание основ и концепций компьютерной графики: поверхностное, твердотельное и гибридное моделирование; визуализация. Умение создавать электронные модели деталей и сборочных единиц, а так же чертежи на их основе в каком-либо пакете САПР.
Б.1.07 Информатика и программирование	Знание принципов работы ЭВМ, машинного счёта. Навыки написания алгоритмов решения численных задач. Умение пользоваться программными средствами для создания и модификации программ для ЭВМ.

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах		
		Номер семестра		
		6	7	8
Общая трудоёмкость дисциплины	216	72	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	128	64	32	32
Лекции (Л)	0	0	0	0
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	128	64	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	88	8	40	40
Работа с источниками информации (в том числе с	8	0	4	4

ресурсами сети Интернет) в рамках подготовки исходных данных				
Самостоятельное проведение численных симуляций по заданию преподавателя	24	0	12	12
Проработка лекционного материала	32	8	12	12
Подготовка 3D моделей по заданию преподавателя	24	0	12	12
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	зачет	экзамен

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Организация научных исследований и инженерных расчётов	2	0	2	0
2	Современные методы проектирования и конструирования сложных технических систем	42	0	42	0
3	Методы проведения численных симуляций задач гидрогазодинамики с использованием современных средств ЭВМ	54	0	54	0
4	Методы проведения численных симуляций задач теплообмена с использованием современных средств ЭВМ	30	0	30	0

### 5.1. Лекции

Не предусмотрены

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Цели и задачи газодинамических и теплофизических исследований	2
2	2	Методы моделирования и проведения численных симуляций. Обзор и краткая характеристика	2
3	2	Методы научного и инженерного моделирования. Твёрдотельное, поверхностное и смешанное моделирование. Параметрическое и свободное моделирование	6
4	2	Инженерное моделирование конструкций. Эскизы. Базовые приёмы: выдавливание, вращение	4
5	2	Инженерное моделирование конструкций. Базовые приёмы: операции по сечениям	6
6	2	Инженерное моделирование конструкций. Сложные приёмы: массивы, пространственные кривые, листовые тела	6
7	2	Инженерное моделирование конструкций. Сложные приёмы: поверхностное моделирование, булевы операции	6
8	2	Инженерное моделирование конструкций. Преобразование и передача данных между пакетами САПР. Импорт и экспорт	6
9	2	Создание расчётных сеток для проведения математических симуляций гидрогазодинамических и теплофизических процессов. Типы сеток. Способы оптимизации и улучшения расчётных сеток	6
10	3	Математические симуляции задач гидрогазодинамики. Постановка задачи. Математическая модель: исходные данные, начальные и граничные условия,	6

		принятые допущения, границы применимости	
11	3	Математические симуляции стационарного течения несжимаемой жидкой сплошной среды с использованием сходящихся решателей	4
12	3	Анализ полученных расчётных данных. Методы постобработки. Визуализация	2
13	3	Методы симуляции задач турбулентного течения. Осреднение по Рейнольдсу. Модели турбулентности. Метод "больших вихрей". Прямое численное моделирование	6
14	3	Математические симуляции нестационарного (дозвукового) течения несжимаемой жидкой сплошной среды с использованием временных решателей	6
15	3	Математические симуляции стационарного течения сжимаемой жидкой сплошной среды (идеальный газ) с использованием сходящихся решателей	6
16	3	Математические симуляции нестационарного дозвукового течения сжимаемой жидкой сплошной среды (идеальный и реальный газы) с использованием временных решателей	6
17	3	Математические симуляции нестационарного сверхзвукового течения сжимаемой жидкой сплошной среды (идеальный и реальный газы) с использованием временных решателей	6
18	3	Математические симуляции течения гетерогенных сред (газо-жидкостные смеси, запылённые газовые среды)	6
19	3	Математические симуляции гидрогазодинамики конструкций переменной геометрии (турбонасосное оборудование)	6
20	4	Математические симуляции задач тепломассообмена. Постановка задачи. Математическая модель: исходные данные, начальные и граничные условия, принятые допущения, границы применимости	6
21	4	Математические симуляции вынужденной конвекции	3
22	4	Математические симуляции свободной конвекции	3
23	4	Математические симуляции радиационного теплообмена	6
24	4	Сопряжённые симуляции гидрогазодинамики и тепломассообмена	6
25	4	Математические симуляции процессов с участием химических реакций горения	6

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Метод конечных элементов	Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. [Текст] / Галлагер Р. -- М.: "Мир", 1984.	2
Численная симуляция задач гидрогазодинамики	Встроенная справка по пакету вычислительной гидрогазодинамики OpenFOAM; Учебный курс по открытым пакетам [Текст] / Крапошин М., Самоваров О., Стрижак С. -- М.: МГТУ им. Баумана, 2013.	40
Параметрическое моделирование	Справка по Компас-3D	20

Метод конечных разностей	Теория разностных схем [Текст] / Самарский А. А. -- М.: "Наука", 1983.	2
Задачи экспериментальных исследований	Теория инженерного теплофизического эксперимента: Учебное пособие [Текст] / Ваулин С. Д., Волошина И. А. -- Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005.	4
Численная симуляция задач тепломассообмена	Встроенная справка по пакету вычислительной гидрогазодинамики OpenFOAM; Учебный курс по открытым пакетам [Текст] / Крапошин М., Самоваров О., Стрижак С. -- М.: МГТУ им. Баумана, 2013.	20

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

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Моделирование конструкций и математические симуляции физических и химических процессов с применением ЭВМ	Практические занятия и семинары	Разработка геометрии, задание расчётных областей и сеток, расчёты и обработка полученных данных с использованием современных пакетов САПР и вычислительной гидрогазодинамики	126

## 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	ОК-12 наличием навыков работы с компьютером как средством управления и получения информации	зачёт (6 семестр)	по вариантам
Все разделы	ОК-13 способностью применять прикладные программные средства при решении практических вопросов	зачёт (6 семестр)	по вариантам
Все разделы	ОПК-6 способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности	зачёт (6 семестр)	по вариантам
Все разделы	ОК-12 наличием навыков работы с компьютером как	зачёт (7	по

	средством управления и получения информации	семестр)	вариантам
Все разделы	ОК-13 способностью применять прикладные программные средства при решении практических вопросов	зачёт (7 семестр)	по вариантам
Все разделы	ОПК-6 способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности	зачёт (7 семестр)	по вариантам
Все разделы	ОК-12 наличием навыков работы с компьютером как средством управления и получения информации	экзамен	по вариантам
Все разделы	ОК-13 способностью применять прикладные программные средства при решении практических вопросов	экзамен	по вариантам
Все разделы	ОПК-6 способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности	экзамен	по вариантам

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

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
зачёт (6 семестр)	При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Получается автоматически на основании успешного выполнения всех практических заданий, выданных в течение семестра, посещаемости. Рейтинг за выполнение заданий -- среднее арифметическое баллов за каждое задание (максимум 100%). Весовой коэффициент рейтинга за выполнение практических заданий 1; весовой коэффициент рейтинга контроля посещаемости 0,5.	Зачтено: 60-100% Не зачтено: 0-59%
зачёт (7 семестр)	При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Получается автоматически на основании успешного выполнения всех практических заданий, выданных в течение семестра, посещаемости. Рейтинг за выполнение заданий -- среднее арифметическое баллов за каждое задание (максимум 100%). Весовой коэффициент рейтинга за выполнение практических заданий 1; весовой коэффициент рейтинга контроля посещаемости 0,5.	Зачтено: 60-100% Не зачтено: 0-59%
экзамен	Демонстрация полученных навыков путём выполнения практического экзаменационного задания -- выполнения конструкторского документа согласно требованиям ЕСКД по заданию преподавателя. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Итоговый рейтинг выставляется на основании рейтинга, полученного за выполнение контрольного задания текущего контроля (весовой коэффициент 1) и рейтинга посещаемости (весовой	Отлично: 85-100% Хорошо: 70-84% Удовлетворительно: 55-69% Неудовлетворительно: 0-55%

	коэффициент 0,5). Рейтинг за выполнение контрольного задания текущего контроля выставляется по следующей шкале (в случае соблюдения требований более одного пункта присваивается наибольший рейтинг): а) 100%: выполнение всех практических заданий, выданных в течение семестра с рейтингом не ниже 80% и наличие зачётов за 6 и 7 семестр ИЛИ полное выполнение экзаменационного задания во время проведения экзамена; б) 80%: выполнение экзаменационного задания с незначительными неточностями или некоторым превышением установленного времени во время проведения экзамена; в) 60%: частичное выполнение экзаменационного задания; г) 40%: неспособность выполнить экзаменационное задание; д) 0%: отказ выполнять задание, либо неявка на процедуру оценивания.	
--	---	--

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
зачёт (6 семестр)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- моделирование детали типа "трубопровод"</li> <li>- моделирование детали типа "лопатка турбины"</li> <li>- моделирование детали типа "сопло"</li> <li>- моделирование сборки типа "двухкомпонентная тангенциальная форсунка"</li> <li>- моделирование сборки типа "форсуночная головка"</li> <li>- моделирование сборки типа "электроклапан"</li> </ul>
зачёт (7 семестр)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- математическая симуляция типа "течение жидкости в трубопроводе"</li> <li>- математическая симуляция типа "дозвуковое обтекание крыла"</li> <li>- математическая симуляция типа "до- и сверхзвуковое истечение газа из сопла"</li> <li>- математическая симуляция типа "сепарация частиц в аппарате "циклон""</li> <li>- математическая симуляция типа "вращение колеса насоса"</li> </ul>
экзамен	экзаменационное задание (создание трёхмерной модели по выданному чертежу детали или сборочной единицы, или создание чертежа по выданной трёхмерной модели, или выполнение текстового конструкторского документа по выданному тексто-графическому материалу) выдаётся преподавателем

## 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. Ли, К. Основы САПР: CAD/CAM/CAE К. Ли. - СПб. и др.: Питер, 2004. - 559 с.

#### б) дополнительная литература:

1. Муромцев, Д. Ю. Математическое обеспечение САПР Текст учеб. пособие для вузов по техн. направлениям и специальностям Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - СПб. и др.: Лань, 2014. - 464 с. ил.

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

1. Вестник ЮУрГУ, серия Математическое моделирование и программирование



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	Дополнительная литература	Куликов, А.А. Гидрогазодинамика: учебное пособие по дисциплине «Гидрогазодинамика» для студентов направления подготовки 13.03.01 (140100.62) «Теплоэнергетика и теплотехника». [Электронный ресурс] / А.А. Куликов, И.В. Иванова, И.Н. Дюкова. — Электрон. дан. — СПб. : СПбГЛТУ, 2015. — 64 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/68444">http://e.lanbook.com/book/68444</a> — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Основная литература	Муромцев, Д.Ю. Математическое обеспечение САПР. [Электронный ресурс] / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 464 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/42192">http://e.lanbook.com/book/42192</a> — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

### 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. -Blender(бессрочно)
3. ASCON-Компас 3D(бессрочно)

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	304	персональные ЭВМ, пакет разработки ПО Code::Blocks с поддержкой

занятия и семинары	(2)	компилятора языка Fortran
--------------------	-----	---------------------------