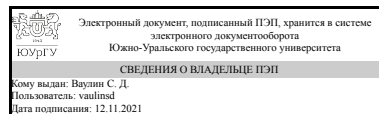


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



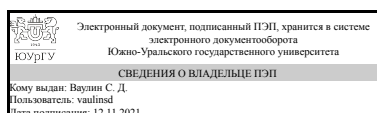
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** ДВ.1.09.03 Моделирование процессов жидкостных ракетных двигателей: проектное обучение  
**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

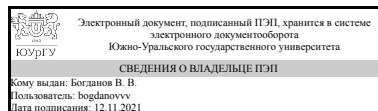
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 16.02.2017 № 141

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



С. Д. Ваулин

Разработчик программы,  
старший преподаватель (-)



В. В. Богданов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины: формирование системы профессиональных знаний и практических навыков при выполнении работ по созданию новых изделий ракетно-космической техники (ракетных двигателей). Задачи дисциплины: изучение основных методов проведения математического (численного) эксперимента внутрикамерных процессов в ракетных двигателях с применением ЭВМ.

## Краткое содержание дисциплины

Дисциплина является составной частью проектного обучения. В рамках дисциплины обучающиеся выполняют проектные и проверочные расчёты и численные эксперименты разрабатываемых в рамках этапа проектного обучения (эскизный проект) изделий ракетно-космической техники -- ракетных двигателей.

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

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)  |
|---|---|
| ПСК-3.2 способностью выполнять расчеты статических и динамических характеристик рабочего процесса ЖРД, их узлов и элементов | Знать: теоретические основы моделирования газодинамических процессов в ракетных двигателях  |
|   | Уметь: проводить математическое моделирование: до- и сверхзвуковых жидкостей и газов течений в каналах ракетных двигателей, процессов теплообмена, процессов смесеобразования, горения в камере ракетного двигателя |
|   | Владеть: методами проведения математического численного эксперимента с использованием ЭВМ   |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана   | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|---|
| Б.1.33 Устройство ракетных двигателей,<br>Б.1.38 Теория и проектирование жидкостных ракетных двигателей,<br>Б.1.13 Компьютерная графика,<br>ДВ.1.10.03 Практикум по виду профессиональной деятельности: проектное обучение,<br>ДВ.1.02.01 Системы автоматизированного проектирования и расчета,<br>ДВ.1.07.01 Численные методы в проектировании ЛА,<br>Б.1.29 Гидрогазодинамика авиационных и ракетных двигателей,<br>Б.1.23 Механика жидкости и газа,<br>Б.1.07 Информатика и программирование | Не предусмотрены                            |

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

| Дисциплина   | Требования  |
|--|---|
| ДВ.1.07.01 Численные методы в проектировании ЛА                                | уметь: применять численные методы при расчётах течений до- и сверхзвуковых потоков (краевая задача, метод контрольных объёмов, алгоритмы линеаризации дифференциальных уравнений, алгоритмы решения сопряжённых уравнений системы Навье-Стокса)   |
| Б.1.07 Информатика и программирование  | знать: устройство ЭВМ, способы взаимодействия с ЭВМ; нормы построения блок-схем и оформления исходных текстов программ для ЭВМ; уметь: читать блок-схемы и исходные тексты программ для ЭВМ (на языках программирования: С, С++); работать с ЭВМ при непосредственном доступе (с использованием автоматизированного рабочего места инженера-конструктора), а так же при удалённом подключении по "Secure Shell" (SSH); уметь отдавать команды ЭВМ с использованием интерфейса командной строки (CLI) UNIX и DOS |
| Б.1.13 Компьютерная графика  | уметь: создавать 3D модели деталей и сборочных единиц изделий ракетно-космической техники, в первую очередь ракетных двигателей малой тяги и элементов автоматики регулирования   |
| Б.1.33 Устройство ракетных двигателей  | знать: типы, конструкцию ракетных двигателей, особенности устройства ракетных двигателей малой тяги   |
| ДВ.1.02.01 Системы автоматизированного проектирования и расчета                | уметь: использовать системы автоматизированного проектирования (САПР) при разработке 3D моделей и чертежей деталей и сборочных единиц изделий ракетно-космической техники   |
| Б.1.23 Механика жидкости и газа  | знать: физические законы течения жидкой сплошной среды, критерии подобия, теоретические основы математического описания турбулентных течений  |
| ДВ.1.10.03 Практикум по виду профессиональной деятельности: проектное обучение | знать: этапы разработки изделий ракетно-космической техники уметь: выполнять работы в рамках этапов разработки в составе конструкторского коллектива, осуществлять поиск перспективных научно-технических решений в области ракетно-космической техники   |
| Б.1.29 Гидрогазодинамика авиационных и ракетных двигателей                     | знать: физические законы течения жидкой сплошной среды, законы течения до- и сверхзвуковых потоков в каналах ракетных двигателей  |
| Б.1.38 Теория и проектирование жидкостных ракетных двигателей                  | уметь: проводить проектные расчёты ракетных двигателей: тепловой расчёт, расчёт элементов головки двигателя (форсунки, смесители)   |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч.

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|--|-------------|------------------------------------|
|  |             | Номер семестра                     |
|  |             | 10                                 |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 72          | 72                                 |
| <i>Контактная работа:</i>  | 32          | 32                                 |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>  | 40          | 40                                 |
| Математическое моделирование процесса сверхзвукового истечения рабочего тела из сопла ракетного двигателя на различных режимах | 20          | 20                                 |
| Математическое моделирование теплового состояния стенки камеры ракетного двигателя   | 20          | 20                                 |
| Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)   | -           | зачет                              |

#### 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |
|-----------|---|---|
| 1         | Моделирование процессов течения рабочего тела в каналах ракетных двигателей | 16  |
| 2         | Моделирование теплового состояния стенки камеры ракетного двигателя         | 16  |

##### 5.1. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС   |   |              |
|--|---|--------------|
| Вид работы и содержание задания  | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) | Кол-во часов |
| Математическое моделирование теплового состояния стенки камеры ракетного двигателя   | См. основную и дополнительную литературу                | 18           |
| Математическое моделирование процесса сверхзвукового истечения рабочего тела из сопла ракетного двигателя на различных режимах | См. основную и дополнительную литературу                | 18           |
| Подготовка к зачёту  | См. основную и дополнительную литературу                | 4            |

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

Не предусмотрены

**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

| Контролируемая компетенция ЗУНЫ   | Вид контроля (включая текущий) |
|---|--------------------------------|
| ПСК-3.2 способностью выполнять расчеты статических и динамических характеристик рабочего процесса ЖРД, их узлов и элементов | текущий контроль               |
| ПСК-3.2 способностью выполнять расчеты статических и динамических характеристик рабочего процесса ЖРД, их узлов и элементов | зачет                          |

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

| Вид контроля     | Процедуры проведения и оценивания  | Критерии оценивания   |
|------------------|--|---|
| текущий контроль | КТ1: Результаты работ по заданию преподавателя Студент предоставляет результаты выполненных расчётов по заданию преподавателя в электронной форме (видео анимации процессов, файлы настройки расчётов, полученные расчётные данные и т. д.) При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179): максимальный балл - 2. Результаты представлены в указанный срок - 2 балла, результаты представлены позже указанного срока - 1,2 балла, результаты не представлены - 0 баллов. Вес мероприятия - 1.   | Зачтено: рейтинг студента более 60<br>Не зачтено: рейтинг студента менее 60 |
| текущий контроль | КТ2: Выпуск отчёта по заданию преподавателя (аналитическая записка, расчёт, пояснительная записка), оформленного согласно требованиям ГОСТ При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179): максимальный балл - 2. Отчет представлен в указанный срок - 2 балла, отчет представлен позже указанного срока - 1,2 балла, отчёт не представлен - 0 баллов. Вес мероприятия - 1.  | Зачтено: рейтинг студента более 60<br>Не зачтено: рейтинг студента менее 60 |
| текущий контроль | КТ3: Доклад о проделанных работах Доклад на комиссии, состоящей из преподавателей проектного обучения. В качестве доклада на комиссии может быть защищено выступление на студенческой научно-технической конференции При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179): максимальный балл - 2. Доклад производит выдающееся впечатление и четко выстроен; автор прекрасно ориентируется в демонстрационном материале; показано владение специальным аппаратом; использованы общенаучные и специальные термины, сделаны четкие выводы - 2 балла, доклад объясняет суть работы, но не полностью отражает содержание работы; представленный демонстрационный материал не полностью используется докладчиком и/или оформлен неграмотно; показано владение базовым аппаратом; выводы имеются, но не доказаны - 1,2 | Зачтено: рейтинг студента более 60<br>Не зачтено: рейтинг студента менее 60 |

|       |   |   |
|-------|---|---|
|       | балла, результаты работ не представлены в докладе - 0 баллов. Вес мероприятия - 1   |   |
| зачет | При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179): КТ1 - среднеарифметическая оценка компетенций в дневнике самостоятельной работы (практики), КТ2 - предоставление комплекта конструкторской документации (отчёт о результатах расчёта, оформленный согласно требованиям ГОСТ), КТ3 - доклад на комиссии, состоящей из преподавателей проектного обучения. Вес КТ1 - 0,5, КТ2 - 1, КТ3 - 2. | Зачтено: рейтинг студента больше или равен 55<br>Не зачтено: рейтинг студента меньше 54 |

### 7.3. Типовые контрольные задания

Не предусмотрены

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Прикладная механика жидкости и газа [Текст] задачи и упражнения А. Т. Зеленков, Б. П. Котомин, Е. П. Черногоров и др.; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Теорет. механика ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 1997. - 89, [2] с. ил.
2. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа Учеб. пособие для вузов по спец. "Механика" Л. Г. Лойцянский. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1987. - 840 с. ил.
3. Гиргидов, А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) [Текст] учебник для вузов по направлениям "Техн. науки", "Техника и технология" А. Д. Гиргидов ; Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-т. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Издательство Политехнического университета, 2007. - 544 с. ил.
4. Прикладная механика жидкости и газа [Текст] контрол. задания Р. А. Дулевский, Б. П. Котомин, Е. П. Черногоров, А. Е. Черногорова ; Челяб. гос. техн. ун-т, Каф. Теорет. механика ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1994. - 12 с.

#### б) дополнительная литература:

1. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа Учеб. пособие для вузов по спец. "Механика". - 5-е изд., перераб. - М.: Наука, 1978. - 736 с. ил.

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

Не предусмотрены

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

1. Методические указания по курсовому и дипломному проектированию / Ю. В. Алешин, С. Д. Ваулин. Б. Г. Дегтярь, В. А. Ерохин, Н. И. Коркунов, В. А. Мальков, В. Н. Накозин, Н. И. Скопечная, Р. Д. Шелховской; под ред. Елюхина В. А. -- Челябинск: ЧГТУ, 1990. -- 46 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания по курсовому и дипломному проектированию / Ю. В. Алешин, С. Д. Ваулин. Б. Г. Дегтярь, В. А. Ерохин, Н. И. Коркунов, В. А. Мальков, В. Н. Накозин, Н. И. Сконечная, Р. Д. Шелховской; под ред. Елюхина В. А. -- Челябинск: ЧГТУ, 1990. -- 46 с.

### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы      | Наименование ресурса в электронной форме          | Библиографическое описание   |
|---|---------------------|---|--|
| 1 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы : учебное пособие для вузов / В. А. Павловский, Д. В. Никущенко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — ISBN 978-5-8114-7054-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/154392">https://e.lanbook.com/book/154392</a> (дата обращения: 13.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.). |

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

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено