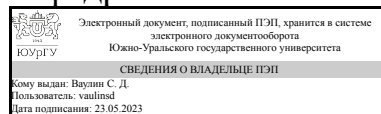


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



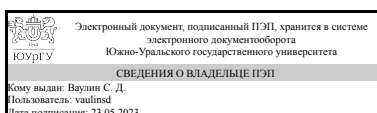
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.С0.07 Испытания жидкостных ракетных двигателей  
для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей  
уровень Специалитет  
специализация Проектирование жидкостных ракетных двигателей  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов

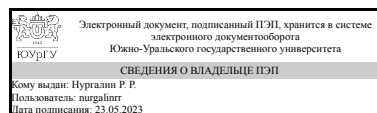
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

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



С. Д. Ваулин

Разработчик программы,  
ассистент



Р. Р. Нургалин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование системы профессиональных знаний и практических навыков в области организации стендовых испытаний, планирования эксперимента, обработки результатов научных исследований и отработки ракетных двигателей (РД). Задачи дисциплины: участие в подготовке и проведении испытаний; участие во взаимодействии конструкторских и испытательных подразделений. разработка планов, программ и методик проведения испытаний двигателей и жидкостных ракетных двигательных установок (ЖРДУ) летательных аппаратов; проведение стандартных и типовых испытаний деталей, их агрегатов и энергоустановок ЛА; проведение регистрации, вторичной обработки и анализа результатов экспериментальных исследований, стендовой и летной отработки и эксплуатации изделий двигателей ЛА; организация метрологической поверки, градуировки и калибровки основных первичных преобразователей и средств измерений.

## Краткое содержание дисциплины

Основные принципы отработки и испытаний ЖРДУ. Методы обеспечения надёжности при испытаниях. Измерения основных параметров ракетных двигателей. Обработка результатов испытаний. Особенности отработки и обеспечения надёжности ЖРДУ ракет морского базирования.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 Разработка и оформление технологической документации подготовки и проведения испытаний, подготовка и проведение проливочных, холодных и огневых испытаний, анализ и обработка результатов испытаний ракетных двигателей, их узлов и агрегатов	Знает: виды испытаний и их назначение; состав и устройство испытательных комплексов и испытательных стендов; основные этапы наземной отработки ракетных двигателей и их агрегатов; особенности холодных и огневых испытаний ракетных двигателей и отработки жидкостных ракетных двигателей на прочность, вибропрочность и виброустойчивость Умеет: разрабатывать программы огневых, холодных, прочностных, тепловакуумных и вибрационных испытаний агрегатов жидкостных ракетных двигателей и ЖРД в целом Имеет практический опыт: планирования и разработки технических требований на проведение прочностных, тепловакуумных, вибрационных испытаний исследуемого изделия; применения методик и средств испытаний конструкций жидкостных ракетных двигателей

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Теория теплофизического эксперимента,	Не предусмотрены

Приборы и техника измерений	
-----------------------------	--

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

Дисциплина	Требования
Приборы и техника измерений	Знает: виды, область применения и устройство средств измерения физических величин; методы проведения и оценки погрешностей измерений; методы статистической обработки и анализа результатов измерений Умеет: применять компьютерные технологии при проведении измерений физических величин и статистической обработке результатов измерений Имеет практический опыт: "использования средств измерения расхода, давления, температуры, теплового потока, напряжений и деформаций; оценки и анализа погрешностей измерения основных параметров изделий ракетно-космической техники
Теория теплофизического эксперимента	Знает: методы и средства теоретических и экспериментальных исследований изделий ракетно-космической техники; методы статической обработки и анализа результатов экспериментальных исследований Умеет: разрабатывать методики и программы экспериментальных исследований; осуществлять выбор средств измерения и проводить статистическую обработку результатов теплофизического эксперимента Имеет практический опыт: планирования, проведения и статистической обработки результатов теплофизического эксперимента

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 110,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		9
Общая трудоёмкость дисциплины	216	216
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	96
Лекции (Л)	40	40
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	40	40
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	105,5	105,5

Проработка лекционного материала	105,5	105.5
Консультации и промежуточная аттестация	14,5	14,5
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	Основные принципы отработки двигательных установок	12	8	4	0
2	Испытания и отработка ЖРДУ	50	16	28	6
3	Методы обеспечения надежности при испытаниях	4	4	0	0
4	Измерения основных параметров РД	8	4	0	4
5	Обработка результатов испытаний	12	4	8	0
6	Особенности отработки и обеспечения надежности ДУ БРМБ	10	4	0	6

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Отработка как элемент комплексной системы управления качеством	2
2	1	Организационно-методические принципы отработки	2
3	1	Основы планирования отработки	2
4	1	Нормы испытаний и планирования эксперимента	2
5	2	Особенности испытаний ЖРДУ	2
6	2	Классификация испытаний ЖРД	2
7	2	Испытательные комплексы, стенды и установки	2
8	2	Автономные испытания агрегатов ЖРД	4
9	2	Методология проведения опытных и серийных испытаний ЖРД	2
10	2	Огневые стендовые испытания (ОСИ)	4
11	3	Методы обеспечения надежности при испытаниях	4
12	4	Измерения основных параметров РД	4
13	5	Обработка результатов испытаний	4
14	6	Особенности отработки и обеспечения надежности ДУ БРМБ	4

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Оценка результатов измерений: среднего значения, ошибки и надежности.	4
4	2	Определение среднеквадратической погрешности и вероятной погрешности величины тяги ЖРД.	4
5	2	Статистическая обработка результатов холодных испытаний узлов и агрегатов ЖРД: ТНА	6
6	2	Статистическая обработка результатов холодных испытаний узлов и агрегатов ЖРД: распылительные элементы (форсунки), форсуночные головки	6

7	2	Статистическая обработка результатов холодных испытаний узлов и агрегатов ЖРД: камера сгорания	6
8	2	Статистическая обработка результатов холодных испытаний узлов и агрегатов ЖРД: элементы автоматики РД (клапан, регулятор)	6
10	5	Оценка показателя надежности по альтернативной информации и результатам длительных испытаний.	4
11	5	Определение работоспособности объекта в течении заданной наработки.	4

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Построение дроссельной характеристики ЖРД.	2
2	2	Экспериментальное определение потерь удельного импульса ЖРД.	2
3	2	Изучение устройства стенда огневых испытаний модельного ЖРД.	2
4	4	Изучение стенда гидравлических испытаний ТНА.	2
5	4	Изучение устройства средств измерения давления, расхода, температуры, тяги.	2
6	6	Изучение испытательных комплексов двигательных установок ракет морского базирования.	6

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Подвид СРС	
Проработка лекционного материала	1. Полухин Д.А. и др. Отработка пневмогидросистем двигательных установок ракет-носителей. Кондрусев, В.В. Окорочков. – М.: Машиностроение, 1992. – 352с./ <a href="http://virtua.lib.susu.ru/cgi-bin/gw_2011_1_4/chameleon?sessionid=2022020119070215312&amp;skin=default&amp;lng=ru&amp;inst=con">http://virtua.lib.susu.ru/cgi-bin/gw_2011_1_4/chameleon?sessionid=2022020119070215312&amp;skin=default&amp;lng=ru&amp;inst=con</a> idu=4 3. Махин В.А. и др. Теоретические основы экспериментальной отработки ЖРД./ В.А. – 230с. 5. Шишков А.А., Силин Б.М. Высотные испытания реактивных двигателей. – М.: Ма

## 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-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	9	Текущий контроль	Принципы отработки и надежность ракетных двигательных	1	10	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы текущего контроля по курсу в разделе №1. Общее количество вопросов - 2. Правильный ответ на 1 вопрос	экзамен

			установок			оценивается в 5 баллов.	
2	9	Текущий контроль	Виды испытаний и отработки ракетных двигателей	1	15	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы текущего контроля по курсу в разделе №2. Общее количество вопросов - 3. Правильный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов.	экзамен
3	9	Текущий контроль	Испытательные стенды РД	1	10	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы текущего контроля по курсу в разделе №3. Общее количество вопросов - 2. Правильный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов.	экзамен
4	9	Текущий контроль	Методы обеспечения надежности РД	1	10	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы текущего контроля по курсу в разделе №4. Общее количество вопросов - 2. Правильный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов.	экзамен
5	9	Текущий контроль	Отработка и обеспечение надежности ДУ ракет морского базирования	1	5	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы текущего контроля по курсу в разделе №5. Общее количество вопросов - 1. Правильный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов.	экзамен
6	9	Текущий контроль	Методы и средства измерения основных параметров ракетных двигателей	1	10	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы текущего контроля по курсу в разделе №6. Общее количество вопросов - 2. Правильный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов.	экзамен
7	9	Промежуточная аттестация	Промежуточная аттестация по курсу за 9 семестр - экзамен	-	15	Баллы начисляются за правильный ответ на все вопросы по билету. Общее количество вопросов - 2. Правильный ответ на 1 вопрос оценивается в 5 баллов. Прохождении аттестации не является обязательным при условии набора баллов при прохождении текущей контроля по разделам курса выше минимального проходного порога. В этом случае оценка выставляется с учетом суммарных баллов, набранных период освоения курса.	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Формат проведения промежуточной аттестации - письменный ответ на билет и собеседование. Билет содержит 2 теоретических вопроса по курсу. Время на подготовку ответа по билету - 45 мин. Время на проверку ответа - 20 мин. На собеседовании по билету могут быть заданы дополнительные	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	вопросы. Общее количество дополнительных вопросов не более 2, время собеседования не более 10 мин.	
--	--	--

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ						
		1	2	3	4	5	6	7
ПК-4	Знает: виды испытаний и их назначение; состав и устройство испытательных комплексов и испытательных стендов; основные этапы наземной отработки ракетных двигателей и их агрегатов; особенности холодных и огневых испытаний ракетных двигателей и отработки жидкостных ракетных двигателей на прочность, вибропрочность и виброустойчивость	+	+	+	+	+	+	+
ПК-4	Умеет: разрабатывать программы огневых, холодных, прочностных, тепловакуумных и вибрационных испытаний агрегатов жидкостных ракетных двигателей и ЖРД в целом							+
ПК-4	Имеет практический опыт: планирования и разработки технических требований на проведение прочностных, тепловакуумных, вибрационных испытаний исследуемого изделия; применения методик и средств испытаний конструкций жидкостных ракетных двигателей	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

а) *основная литература:*

Не предусмотрена

б) *дополнительная литература:*

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

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

1. нет для СРС

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

1. нет для СРС

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Боярский, М.В. Планирование и организация эксперимента: учебное пособие. Йошкар-Ола : ПГТУ, 2015. — 168 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.ru">http://e.lanbook.ru</a>

2	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Испытания жидкостных ракетных двигателей [Электронный ресурс] : у В. — М.: Машиностроение, 1992. <a href="http://virtua.lib.susu.ru/cgi-bin/gw_2011_1_4/chameleon?sessionid=2022020119070215312&amp;skin=def">http://virtua.lib.susu.ru/cgi- bin/gw_2011_1_4/chameleon?sessionid=2022020119070215312&amp;skin=def</a> 1112 DEFAULT&searchid=H1&sourcесcreen=INITREQ&pos=1&itempos:
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Голованов, А.Н. Планирование эксперимента. Учебное пособие. [Элект Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/44958">http://e.lanbook.com/book/44958</a> — Загл. с экрана.
4	Дополнительная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Космин, В.В. Основы научных исследований. Общий курс [Электронни <a href="http://virtua.lib.susu.ru/cgi-bin/gw_2011_1_4/chameleon?sessionid=2022020119070215312&amp;skin=def">http://virtua.lib.susu.ru/cgi- bin/gw_2011_1_4/chameleon?sessionid=2022020119070215312&amp;skin=def</a> 1112 DEFAULT&searchid=H2&sourcесcreen=INITREQ&pos=1&itempos:
5	Основная литература	Учебно-методические материалы кафедры	Ваулин, С. Д. Испытания ракетных двигателей Текст учеб. пособие С. , ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2006. - 151, [2] с. ил. <a href="http://bin/gw_2011_1_4/chameleon?sessionid=2022020119070215312&amp;skin=def">http:// bin/gw_2011_1_4/chameleon?sessionid=2022020119070215312&amp;skin=def</a> 1112 DEFAULT&searchid=H4&sourcесcreen=INITREQ&pos=1&itempos:
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дорофеев, А. А. Снятие дроссельной характеристики лабораторного ж Антонов ; под редакцией А. А. Дорофеева. — Москва : МГТУ им. Н.Э. электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/">https://e.lanbook.com/book/</a>
7	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Белов, В. П. Испытания ракетных двигателей на твёрдом топливе : уче 2020. — 45 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечна

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. -LibreOffice(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
Лабораторные занятия	101 (2)	Средства измерения температуры, давления, расхода; лабораторный стенд огневых испытаний модельного ЖРД: огневой бокс, огневой стенд, пультовая, система регистрации тяги, система видеонаблюдения испытаний; Лабораторный стенд гидравлических испытаний модельного ТНА.
Лекции	100 (2в)	УЦ РКТ
Практические занятия и семинары	101 (2)	Стенд теплогидравлических испытаний «ТГСУ-001», стенд гидропроливочных испытаний «Распылительные устройства ЖРД»