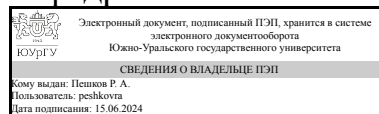


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



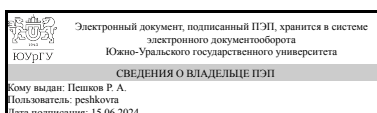
Р. А. Пешков

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.С0.08 Утилизация 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

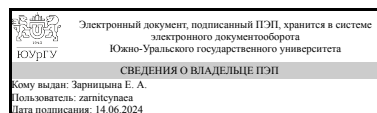
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н.



Р. А. Пешков

Разработчик программы,  
старший преподаватель



Е. А. Зарницына

## 1. Цели и задачи дисциплины

### Краткое содержание дисциплины

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

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)                                                                                                                                            | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2 Проектирование, конструирование и расчет двигательных установок летательных аппаратов, в том числе космических, и их составных частей, включая утилизацию жидкостного ракетного двигателя | Знает: основные требования к утилизации жидкостных ракетных двигателей; нормативно-правовые отношения субъектов всех уровней, занимающихся утилизацией МБР; экологические аспекты утилизации; методики очистки отделившихся ступеней в районах падения<br>Умеет: определять этапы утилизации жидкостных ракетных двигателей<br>Имеет практический опыт: анализа химических способов обезвреживания и методов нейтрализации различных видов топлив |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана                                                                                                                                         | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Теория и расчет жидкостных ракетных двигателей,<br>Проектирование ракетных двигателей на твердом топливе,<br>Конструирование летательных аппаратов,<br>Конструирование жидкостных ракетных двигателей | Не предусмотрены                            |

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

| Дисциплина                                            | Требования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Проектирование ракетных двигателей на твердом топливе | Знает: основы проектирования, конструктивные схемы и характеристики рабочего процесса ракетных двигателей на твердом топливе; условия эксплуатации и технического обслуживания ракетных двигателей на твердом топливе, о тенденциях создания принципиально новых материалов и технологических процессов для изготовления ответственных элементов ракетных двигателей на твердом топливе<br>Умеет: использовать методы анализа влияния параметров рабочего процесса на эффективность термодинамического цикла ракетных двигателей на твердом топливе<br>Имеет практический опыт: термодинамического и газодинамического расчетов продуктов сгорания твердого топлива, расчета |

|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                | внутренней баллистики двигателя твердого топлива, расчет теплозащитного покрытия; изучения конструкций ракет с двигателями твердого топлива                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Конструирование летательных аппаратов          | Знает: конструкцию, работу и процессы, происходящие в летательных аппаратах Умеет: выбирать требуемые расчетные схемы для решения задач проектирования летательных аппаратов Имеет практический опыт: методами анализа и синтеза, подходами инженерных основ создания летательных аппаратов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Конструирование жидкостных ракетных двигателей | Знает: ЕСКД при выполнении графических и текстовых конструкторских документов, современные тенденции и методики проектирования и конструирования ЖРД Умеет: применять компьютерные технологии для разработки ракетных двигателей и их отдельных узлов; конструировать ЖРД, их узлы и агрегаты; формулировать задания для расчета и конструирования ЖРД, их узлов и агрегатов; выполнять расчеты и чертежи, осуществлять научно-технический поиск информации в области ЖРД, готовить отчет о результатах научно-технического поиска (доклад/аналитическая записка); работать с различными источниками информации, включая патентную и научную литературу на русском и иностранных языках Имеет практический опыт: разработки конструкции узлов ЖРД и выпуска конструкторской документации согласно требованиям ЕСКД с применением современных средств автоматизации, работы с источниками информации (в том числе электронными посредством сети Интернет), применения полученной информации при конструировании новых ЖРД |
| Теория и расчет жидкостных ракетных двигателей | Знает: теоретические основы и расчетные методики по проектированию жидкостных ракетных двигателей (ЖРД); основные виды жидкостных ракетных топлив; основные характеристики рабочих процессов в ЖРД; виды ЖРДУ и их назначение в составе ЛА; принципы регулирования ЖРД Умеет: рассчитывать основные характеристики ЖРД и ЖРДУ, их узлов и агрегатов; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ Имеет практический опыт: расчета ЖРД и математического моделирования ЖРД и ЖРДУ, их узлов и агрегатов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы                                                         | Всего часов | Распределение по семестрам |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|
|                                                                            |             | в часах                    |
|                                                                            |             | Номер семестра             |
|                                                                            |             | 10                         |
| Общая трудоёмкость дисциплины                                              | 72          | 72                         |
| Аудиторные занятия:                                                        | 32          | 32                         |
| Лекции (Л)                                                                 | 16          | 16                         |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 0           | 0                          |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                   | 16          | 16                         |
| Самостоятельная работа (СРС)                                               | 35,75       | 35,75                      |
| Подготовка к контрольным точкам и промежуточной аттестации                 | 25,75       | 25.75                      |
| Проработка лекционного материала                                           | 10          | 10                         |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 4,25        | 4,25                       |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | зачет                      |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины                                                                        | Объем аудиторных занятий по видам в часах |   |    |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---|----|----|
|           |                                                                                                         | Всего                                     | Л | ПЗ | ЛР |
| 1         | Энергоемкие горючие для авиационных и ракетных двигателей                                               | 1                                         | 1 | 0  | 0  |
| 2         | Концепция ликвидации МБР                                                                                | 5                                         | 1 | 0  | 4  |
| 3         | Характеристика основных элементов ликвидируемых РДТТ                                                    | 2                                         | 2 | 0  | 0  |
| 4         | Требования к комплексной базе и к объектам ликвидации/утилизации РДТТ МБР                               | 5                                         | 2 | 0  | 3  |
| 5         | Технические аспекты ликвидации/утилизации ТРТ и зарядов СТРТ                                            | 3                                         | 2 | 0  | 1  |
| 6         | Технические аспекты ликвидации/утилизации малогабаритных РДТТ специального назначения                   | 4                                         | 2 | 0  | 2  |
| 7         | Экологическая безопасность при обращении с отходами, образующимися при завершении жизненного цикла РДТТ | 2                                         | 2 | 0  | 0  |
| 8         | Утилизация РН с ЖРД                                                                                     | 6                                         | 2 | 0  | 4  |
| 9         | Засорение околоземного космического пространства «космическим мусором»                                  | 4                                         | 2 | 0  | 2  |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия                                                                                                                                                                                                                                                                        | Кол-во часов |
|----------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1        | 1         | Жидкие углеводородные горючие. Жидкие боросодержащие горючие. Твердые легкоплавкие горючие. Жидкие углеводородные компоненты энергоемких горючих. Боросодержащие компоненты энергоемких горючих. Твердые углеводородные компоненты энергоемких горючих. Металлы, неметаллы, гибриды металлов - компоненты энергоемких горючих. | 1            |
| 2        | 2         | Актуальность ликвидации ТТ МБР. Обзор нормативно-правового обеспечения                                                                                                                                                                                                                                                         | 1            |

|   |   |                                                                                                                                                                                                                                                        |   |
|---|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|   |   | программы ликвидации                                                                                                                                                                                                                                   |   |
| 3 | 3 | Номенклатуры и основные типы ликвидируемых РДТТ. Основные схемы и агрегаты ликвидируемых РДТТ. Характеристика основных видов топлива и конструкционных материалов в ликвидируемых РДТТ.                                                                | 2 |
| 4 | 4 | Технические требования к комплексной базе ликвидации. Требования к объектам, зданиям и сооружениям. Требования обеспечения безопасности при обращении с РДТТ.                                                                                          | 2 |
| 5 | 5 | Классификация способов ликвидации зарядов СРТТ. Характеристики способов ликвидации и СРТТ: подрыв, сжигание, сверхкритическое водное окисление, щелочной гидролиз, механическое разрушение, гидрорезка, кавитационная эрозия, биохимическое разрушение | 2 |
| 6 | 6 | Характеристика малогабаритных РДТТ. Методы утилизации малогабаритных РДТТ: по прямому назначению, методом сжигания. Оценка методов очистки продуктов сгорания                                                                                          | 2 |
| 7 | 7 | Обоснование системы управления потоками отходов. Аспекты утилизации и переработки металлических составных частей МБР                                                                                                                                   | 2 |
| 8 | 8 | Анализ химических способов обезвреживания НДМГ. Методы нейтрализации НДМГ. Методика очистки отделившихся ступеней в районах падения. Методы обезвреживания топливных систем ракет от остатков жидкого топлива                                          | 2 |
| 9 | 9 | Методы наблюдения и модели космического мусора. Предупреждение образования космического мусора.                                                                                                                                                        | 2 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

## 5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы                                                                                                            | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 2         | Нормативно-правового обеспечения программы ликвидации                                                                                                              | 4            |
| 2         | 4         | Технические требования к комплексной базе ликвидации. Требования к объектам, зданиям и сооружениям. Требования обеспечения безопасности при обращении с РДТТ и ЖРД | 3            |
| 3         | 5         | Ликвидация/утилизация ТРТ и зарядов СТРТ                                                                                                                           | 1            |
| 4         | 6         | Ликвидация/утилизация малогабаритных РДТТ специального назначения                                                                                                  | 2            |
| 5         | 8         | Утилизация РН с ЖРД                                                                                                                                                | 4            |
| 6         | 9         | Методы наблюдения и модели космического мусора                                                                                                                     | 2            |

## 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                                             |                                                                                         |         |              |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|
| Подвид СРС                                                 | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс              | Семестр | Кол-во часов |
| Подготовка к контрольным точкам и промежуточной аттестации | см. основную и дополнительную литературу, конспект лекций, материалы лабораторных работ | 10      | 25,75        |
| Проработка лекционного материала                           | см. основную и дополнительную литературу                                                | 10      | 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-мestr | Вид контроля             | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов                                                                                                                                                                                        | Учитывается в ПА |
|------|----------|--------------------------|-----------------------------------|-----|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1    | 10       | Текущий контроль         | Нормативно-правовые документы     | 1   | 1          | 1 балл - комментарии с нормативно-правовому документу верны, 0,5 балла - комментарии с нормативно-правовому документу не точны, 0 баллов - комментарии с нормативно-правовому документу неверны или отсутствуют. | зачет            |
| 2    | 10       | Текущий контроль         | Технические аспекты ликвидации    | 1   | 3          | Три вопроса: 1 балл - получен правильный ответ, 0 баллов - нет ответа, ответ неправильный                                                                                                                        | зачет            |
| 3    | 10       | Текущий контроль         | Утилизация РН с ЖРД               | 1   | 2          | Два вопроса: 1 балл - получен правильный ответ, 0 баллов - нет ответа, ответ неправильный                                                                                                                        | зачет            |
| 4    | 10       | Текущий контроль         | Космический мусор                 | 1   | 5          | Пять вопросов: 1 балл - получен правильный ответ, 0 баллов - нет ответа, ответ неправильный                                                                                                                      | зачет            |
| 5    | 10       | Промежуточная аттестация | Зачет                             | -   | 4          | Четыре вопроса (блоки 1-4); 1 балл - получен правильный ответ, 0 баллов - нет ответа, ответ неправильный                                                                                                         | зачет            |

### 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения                                                                            | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| зачет                        | Студен с рейтингом менее 60 письменно отвечает на вопросы блоков 1-4. Время подготовки 1,5 часа | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                    | № КМ |   |   |   |   |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|---|---|---|
|             |                                                                                                                                                                                                                                                        | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ПК-2        | Знает: основные требования к утилизации жидкостных ракетных двигателей; нормативно-правовые отношения субъектов всех уровней, занимающихся утилизацией МБР; экологические аспекты утилизации; методики очистки отделившихся ступеней в районах падения | +    | + | + | + | + |
| ПК-2        | Умеет: определять этапы утилизации жидкостных ракетных двигателей                                                                                                                                                                                      | +    | + | + | + | + |
| ПК-2        | Имеет практический опыт: анализа химических способов обезвреживания и методов нейтрализации различных видов топлив                                                                                                                                     | +    | + | + | + | + |

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

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. нет

### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы            | Наименование ресурса в электронной форме          | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|---------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Работа с опасными веществами и компонентами ракетного топлива : учебное пособие / А. А. Фатина, В. Н. Лебедев, А. П. Киселёв, Д. С. Маслобоев. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 30 с.<br><a href="http://e.lanbook.com/book/121864">http://e.lanbook.com/book/121864</a>                                                     |
| 2 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Энергоемкие горючие для авиационных и ракетных двигателей / В. Н. Бакулин, Н. Ф. Дубовкин, В. Н. Котова, В. А. Сорокин ; под редакцией Л. С. Яновского. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 400 с.<br><a href="http://e.lanbook.com/book/49095">http://e.lanbook.com/book/49095</a>                                                                             |
| 3 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Технические и экологические аспекты ликвидации твердотопливных межконтинентальных баллистических ракет : монография / М. И. Соколовский, Я. И. Вайсман, Г. М. Батракова [и др.] ; под общей редакцией М. И. Соколовского, Я. И. Вайсмана. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — 635 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/160668">http://e.lanbook.com/book/160668</a> |
| 5 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Космический мусор : учебно-методическое пособие : в 2 книгах. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Книга 1 : Методы наблюдения и модели космического мусора — 2014. — 248 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/59698">http://e.lanbook.com/book/59698</a>                                                                                                    |
| 6 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Космический мусор : в 2 книгах. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Книга 2 : Предупреждение образования космического мусора — 2014. — 188 с.<br><a href="http://e.lanbook.com/book/59699">http://e.lanbook.com/book/59699</a>                                                                                                                               |

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

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 |
|----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекции               | 225<br>(2)  | Мультимедийное оборудование                                                                                                                      |
| Лабораторные занятия | 100<br>(2в) | Натурные образцы РКТ                                                                                                                             |