



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

А.В. Троицкий

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ»**

**Специальность:** 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

**Специализация №21:** Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники

**Уровень высшего образования:** специалитет

**Квалификация (степень) выпускника:** инженер

**Форма обучения:** очная, очно-заочная

Королёв  
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

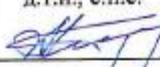
**Автор: д.т.н., с.н.с. Бершадский В.А. Рабочая программа дисциплины: «Экспериментальная отработка ракетной техники» – Королев МО: «Технологический университет», 2023.**

**Рецензент: д.т.н., с.н.с. Мороз А.П.**

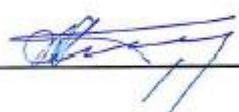
Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета.

Протокол № 9 от 11.04.2023 г.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:**

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Мороз А.П. д.т.н., с.н.с. 				
Год утверждения (переподтверждения)	2023	2024	2025	2026	2027
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 9 от 28.03.2023г.	№ __ от __. __.20__ г.			

**Рабочая программа согласована:**

Руководитель ОПОП ВО  Мороз А.П., д.т.н., с.н.с.

**Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:**

Год утверждения (переподтверждения)	2023	2024	2025	2026	2027
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023г.	№ __ от __. __.20__ г.			

## **1.Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

*Целью изучения дисциплины «Экспериментальная отработка ракетной техники»* является формирование знаний об основных принципах отработки средств выведения космических аппаратов, а также приобретение способности по разработке технологии испытаний двигательных установок ракет для подтверждения надёжности и безопасности их функционирования. Изучение этой дисциплины позволит выпускникам успешно решать в профессиональной деятельности задачи, связанные с созданием и методами отработки ракетной техники.

*Изучение дисциплины направлено на дальнейшее формирование и усиление профессиональных компетенций:*

ПК-4. Способность сопровождения и анализа результатов процесса подготовки и проведения испытаний космических аппаратов, космических систем и их составных частей в наземных условиях.

ПК-6. Способность разработки технологических процессов сборки и испытаний агрегатов и систем с применением средств автоматизированного проектирования.

ПК-7. Способность внедрять в производство технологические процессы сборки и испытаний изделий и агрегатов РКТ.

ПК-8. Способность Осуществления контроля соблюдения технологической дисциплины на рабочих местах при выполнении процессов сборки и испытаний РКТ.

ПК-10. Способность к выявлению причины и устранению дефектов на изделиях в составе комиссии.

*Основными задачами изучения дисциплины являются:*

- ознакомление с основными принципами отработки ракетной техники для обеспечения её надёжной и безопасной эксплуатации;
- ознакомление с методами экспериментальной отработки ракетной техники и проведения испытаний двигательных установок, с технологией и техническими средствами для их реализации;
- освоение методов разработки технологического цикла и безопасных условий проведения испытаний двигательных установок;
- освоение способов анализа и оценки результатов испытаний ракетной техники.

*Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:*

**Трудовые действия:**

- Выполнять расчеты с использованием специализированного программного обеспечения.
- Проводить анализ вариантов технических решений при разработке проектов космических аппаратов, космических систем и их составных частей.
- Проводить технико-экономический и функциональный анализ проектов космических аппаратов, космических систем и их составных частей.

**Необходимые умения:**

- Уметь читать конструкторскую документацию (КД) и оформлять технологическую документацию.
- Уметь работать с программными средствами общего и специального назначения.
- Применять физические принципы, используемые при испытаниях для имитации условий реальной эксплуатации.
- Производить анализ с выявлением первопричины отклонения от КД или технологического процесса.
- Проводить поиск дефектов изделия РКТ в составе комиссии.

**Необходимые знания:**

- Знать конструкцию изделия РКТ и технические требования, приведенные в КД.
- Знать нормативно-технические документы в части отработки РКТ, в части внедрения и аттестации технологических процессов.
- Знать современные технологии сборки и испытаний агрегатов и изделий РКТ.
- Знать назначение и параметры оборудования для проведения испытаний, регламенты проведения испытаний проектируемых составных частей космических аппаратов и космических систем.
- Знать перечень критичных элементов конструкции, технологических процессов, критичных конструктивных и технологических параметров при работе с продукцией, имеющей отклонения от КД.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Экспериментальная отработка ракетной техники» относится к базовой части блока 1 основной профессиональной образовательной программы подготовки по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов».

Дисциплина базируется на ранее полученных знаниях, приобретенных в процессе изучения дисциплин: «Механика жидкости и газа», «Термодинамика и теплопередача», «Пневмогидравлические системы», «Ракетные двигатели», «Без-

опасность жизнедеятельности», «Основы теории надежности ракетно-космической техники» и ранее частично приобретённых компетенциях УК-8, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-8, ПК-9, ПК-10.

Знания и компетенции, получаемые при освоении дисциплины «Экспериментальная отработка ракетной техники» являются базовыми при изучении ряда профессиональных дисциплин специальности и для выполнения выпускной квалификационной работы.

### 3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость программы при очной форме обучения составляет 6 зачетных единиц, 216 ч.

Общая трудоемкость программы при очно-заочной форме обучения составляет 6 зачетных единиц, 216 ч.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение учебных занятий следующих видов: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Текущий контроль знаний в виде решения практических задач. Итоговый контроль знаний в виде зачёта и экзамена.

Объём и виды учебной работы иллюстрирует таблица 1.

**Таблица 1**

Виды занятий	Всего часов	Семестр 9	Семестр 10 (А)	Семестр	Семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>216</b>	<b>108</b>	<b>108</b>		
<b>ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ</b>					
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>96</b>	<b>48</b>	<b>48</b>		
Лекции (Л)	32	16	16		
Практические занятия (ПЗ)	64	32	32		
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-		
Практическая подготовка	-	-	-		
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>120</b>	<b>60</b>	<b>60</b>		
Курсовые работы (проекты)	-	-	-		
Расчетно-графические работы	-	-	-		
Контрольная работа	+	+	+		
Текущий контроль знаний	+	Решение задач	Решение задач		
<b>Вид итогового контроля</b>	<b>+</b>	<b>Зачет</b>	<b>Экзамен</b>		

## ОЧНО-ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Виды занятий	Всего часов	Семестр 9	Семестр 10 (А)	Семестр	Семестр
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>216</b>	<b>108</b>	<b>108</b>		
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>52</b>	<b>26</b>	<b>26</b>		
Лекции (Л)	24	12	12		
Практические занятия (ПЗ)	32	16	16		
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-		
Практическая подготовка	-	-	-		
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>160</b>	<b>80</b>	<b>80</b>		
Курсовые работы (проекты)	-	-	-		
Расчетно-графические работы	-	-	-		
Контрольная работа	+	+	+		
Текущий контроль знаний	+	Решение задач	Решение задач		
<b>Вид итогового контроля</b>	<b>+</b>	<b>Зачет</b>	<b>Экзамен</b>		

### 4. Содержание дисциплины (модуля)

#### 4.1. Наименования разделов и виды занятий по дисциплине

Наименования разделов, виды занятий и коды компетенций по дисциплине приведены в таблице 2. Продолжительность занятий студентов очной и очно-заочной форм обучения указаны в столбцах таблицы 2 в виде дроби (очная/очно-заочная).

Таблица 2

№ п/п	Наименования разделов дисциплины	Лекции, часы	Практические занятия, часы	Занятия в интерактивной форме, часы	Практическая подготовка, часы	Код компетенций
1	Организационно-технические аспекты экспериментальной отработки (ЭО) ракетной техники	2/4	8/4	2/2		ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-10
2	Испытательный комплекс (ИК), виды стендов и технологические системы стендов	4/4	10/4	4/4		ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-10
3	Автономная отработка агрегатов и систем двигательных установок	8/4	10/6	4/2		ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-10
4	Автономная стендовая отработка двигателей в полной комплектации	6/4	10/6	4/2		ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-10
5	Имитация эксплуатационных условий при наземной отработке двигателей	6/2	10/4	4/2		ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-10
6	Комплексная стендовая отработка двигательных установок (ДУ)	4/4	8/4	4/2		ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-10
7	Безопасность проведения испытаний двигательных установок	2/2	8/4	2/2		ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-10
	Итого	32/24	64/32	24/16		

## 4.2 Содержание тем дисциплины

### *Разд.1 Организационно-технические аспекты экспериментальной отработки (ЭО) ракетной техники*

**Тема 1.** Основные принципы экспериментальной отработки (ЭО) и испытаний двигательных установок (ДУ): схема двигательной установки; основное назначение и качество ДУ; определение понятий «экспериментальная отработка» и «метод повышения качества»; определение понятия «испытание» и цель испытаний; основные этапы проведения испытаний при ЭО ДУ; классификация опытно-конструкторских испытаний; содержание программы ЭО ДУ.

**Тема 2.** Методические аспекты стендовых испытаний: разработка технологии подготовки и проведения испытаний; особенности моделирования эксплуатационных условий при испытаниях; особенности получения информации при испытаниях, содержание программы для проведения испытаний.

### *Разд.2 Испытательный комплекс (ИК), виды стендов и технологические системы стендов*

**Тема 3.** Испытательный комплекс (ИК) для экспериментальной отработки: структура испытательного комплекса; виды и назначение технических средств ИК для проведения испытаний; основные особенности устройства и функционирования стенда ИК для проведения испытаний двигателей; виды и устройства стендов для испытаний двигательных установок и их систем.

**Тема 4.** Технологические системы стендов: схема топливной системы и технические требования для создания и функционирования системы; схема системы наддува топливных баков и технические требования для создания и функционирования системы; виды и особенности функционирования агрегатов пневмогидросистем. Средства измерений при проведении испытаний: виды параметров определяемых с помощью средств измерений; структура системы измерений; виды и особенности устройства и функционирования первичных преобразователей величин физических параметров.

### *Разд.3 Автономная отработка агрегатов и систем двигательных установок (ДУ)*

**Тема 5.** Виды и особенности методов испытаний при автономной отработке агрегатов и систем ДУ на ИК.

**Тема 6.** Способы определения статической и динамической прочности объектов испытаний (ОИ): гидравлические испытания ОИ с увеличением внутреннего давления; термические и механические испытания ОИ; обеспечение динамической нагрузки при вибрации ОИ; обеспечение динамической нагрузки при вращении ОИ.

**Тема 7.** Определение общей и местной герметичности объекта испытаний.

**Тема 8.** Определение гидравлических и газодинамических характеристик агрегатов и систем: оценка пропускной способности и гидросопротивления элементов ПГС; пульсационно-частотные испытания расходных магистралей систем топливоподачи; пульсационно-частотные испытания огневых агрегатов двигателя.

**Тема 9.** Способы определения энергетических характеристик камеры двигателя: давления в камере сгорания от массового расхода компонентов топлива (КТ); расходного комплекса от соотношения КТ; энергетического КПД камеры и скорости истечения газа из сопла; задержки воспламенения КТ от времени опережения одного из КТ. Схема стенда и технология проведения испытаний камеры двигателя.

**Тема 10.** Способы определения характеристик и моделирование рабочих процессов в насосах и турбинах ТНА двигателя; схема стенда и технология проведения испытаний при определении энергетических и кавитационных характеристик насосов; особенности моделирования работы насосов; особенности моделирования работы турбин.

**Тема 11.** Метод планирования экспериментов: определение вида модели регрессионного анализа; особенности формирования матрицы планирования в случаях полного факторного эксперимента и дробной реплики в построении плана. Пример формирования плана эксперимента при определении характеристик насоса; определение вида и коэффициентов уравнения регрессии по результатам испытаний насоса; статистическая оценка параметров регрессионной модели.

#### ***Разд.4 Автономная стендовая отработка двигателей, имеющих полную комплектацию***

**Тема 12.** Методы экспериментальной отработки двигателей в полной комплектации: основные этапы экспериментальной отработки и решаемые задачи; схема стенда для проведения холодных и огневых испытаний; технология и режимы проведения огневых испытаний; виды эксплуатационных условий, имитируемых при огневых испытаниях на стенде; основные ограничения для исключения режимов испытаний с аварийным исходом.

**Тема 13.** Стендовые информационно-измерительные и управляющие системы; основные задачи систем измерения и управления; особенности работы информационно-измерительной системы; особенности работы информационно-управляющей системы; система технической диагностики при стендовых испытаниях; система аварийной защиты при стендовых испытаниях.

**Тема 14.** Метрологические вопросы измерений и формирования результатов испытаний: виды погрешностей измерений; вероятностный метод для оценки точности полученных измерений параметров; определение погрешности косвенных измерений; особенности формирования результатов испытаний; способ оценки

точности и достоверности результатов испытаний; способ построения графических зависимостей.

### ***Разд.5 Имитация эксплуатационных условий при наземной отработке двигателей***

**Тема 15.** Имитация гидродинамики расходных магистралей системы топливоподачи ДУ: характер и величина изменений параметров динамических процессов на переходных процессах и их отличие на стенде от условий работы ДУ; обеспечение динамического соответствия ракетных и стендовых магистралей; условия гидродинамического подобия; соблюдаемые при стендовых испытаниях. Схема стенда и особенности технологии проведения огневых испытаний с имитацией гидродинамики расходных магистралей.

**Тема 16.** Имитация параметров термодинамического состояния компонентов топлива (КТ): характер влияния изменений давления, температуры, газосодержания в КТ на функционирование двигателей; схемы устройства систем стенда для имитации эксплуатационных условий; технология проведения испытаний и решаемые задачи.

**Тема 17.** Имитация влияния высотных условий на работу двигателя: характер и величина изменения параметров при эксплуатации двигателя в полёте и на стенде; обеспечение высотных условий на стенде при расчётном режиме работы двигателя; устройство газодинамического тракта стенда для имитации высотных условий. Схема стенда и особенности технологии проведения огневых испытаний с имитацией высотных условий на стенде.

**Тема 18.** Оценка воздействия инородных веществ в компонентах топлива на работу двигателя: варианты возможного накопления инородных веществ КТ и их отрицательное влияние на работу двигателя; способы защиты двигателя от влияния инородных веществ. Схема стенда и технология проведения испытаний для оценки допустимого количества инородных веществ, не оказывающих отрицательное влияние на работу двигателя.

### ***Разд. 6 Комплексная стендовая отработка двигательных установок (ДУ)***

**Тема 19.** Методы испытаний при комплексной отработке двигательной установки: задачи, решаемые при комплексной отработке ДУ на стенде; виды холодных и огневых стендовых испытаний; технология и режимы их проведения; функциональная модель огневых стендовых испытаний ДУ; особенности предполётных стендовых испытаний ДУ.

### ***Разд.7 Безопасность проведения испытаний двигательных установок.***

**Тема 20.** Особенности безопасной эксплуатации стендовых технологических систем: основные производственные факторы, характерные для эксплуатации стен-

довых систем; виды технических требований и правила эксплуатации систем стенда на испытательном комплексе; обеспечение безопасного расположения стенда испытательного комплекса от промышленных и гражданских сооружений.

**Тема 21.** Система безопасности стендовых испытаний двигательных установок жидкостных ракет: основные факторы опасности при проведении испытаний ДУ; принцип уменьшения опасности испытаний ДУ; комплекс организационно-технических мероприятий для уменьшения опасности испытаний; структурная схема функционирования алгоритмов распознавания и парирования аварийных ситуаций.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):**

1. Лекции, подготовленные преподавателем в соответствии с темами 1-21, которые указаны в разделе 4.2.

2. Текущие задания преподавателя на подготовку к практическим занятиям по темам 1-21.

3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины «Экспериментальная отработка ракетной техники», приведенные в «Приложении 2» к настоящей рабочей программе

### **6. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств результатов проведения аттестации обучающихся по дисциплине приведен в «Приложении 1» к настоящей программе.

### **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

#### ***Основная литература:***

1. Бершадский В.А., Коломенцев А.И. Основы технологии стендовых испытаний двигательных установок жидкостных ракет // М: Изд-во МАИ в двух частях: Автономная отработка. 2014. 214 с.; Комплексная отработка. 2016. 164 с.

2. Галеев А.Г., Иванов В.Н., Катенин А.В. и др. Методология экспериментальной отработки ЖРД и ДУ, основы проведения испытаний и устройства испытательных стендов // Киров: Изд-во МЦНИП. 2015. 436 с.

3. Бахвалов Ю.О. Испытания ракетно-космической техники. Введение в специальность: учебное пособие // М: Изд-во АИР. 2015. 228 с.

4. Коломенцев А.И., Краев М.В., Назаров В.П. и др. Испытание и обеспечение надёжности ракетных двигателей : учебник // Красноярск: Изд-во Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та. 2016. 336 с.

5. Лисейкин В.А., Милютин В.В., Сайдов Г.Г. и др. Информационно-управляющие системы для стендовых испытаний жидкостных ракетных двигательных установок и их систем // М: Машиностроение, 2013. 406 с.

6. Мороз А.П. Ракетная телеметрия: монография. – М.: Изд-во «научный консультант», 2021. – 478 с.

***Дополнительная литература:***

6. Жуковский А.Е., Кондрусев В.С., Окорочков В.В. Испытания жидкостных ракетных двигателей: учебник // М: Машиностроение. 1992. 351 с.

7. Экспериментальная отработка космических летательных аппаратов / Под редакцией Н.В. Холодкова. // М: Изд-во МАИ. 1994. 413 с.

8. Александровская Л.Н., Круглов В.И., Кузнецов А.Г. и др. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка технических систем // М: Изд-во Логос. 2003. 736 с.

9. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология // М: Изд-во Логос. 2001. 379 с.

10. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента // М: Изд-во Мир. 1972. 381 с.

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

***Интернет-ресурсы:***

<http://www.biblioclub.ru/>

<http://www.rucont.ru/>

<http://www.znaniyum.com/>

<http://www.book.ru>

<http://e.lanbook.com/>

<http://www.biblio-online.ru>

<http://ies.unitech-mo.ru/>

<http://unitech-mo.ru/>

[Elibrary](#)

**9. Методические указания по освоению дисциплины**

Методические указания для студентов по освоению дисциплины «Экспериментальная отработка ракетной техники», приведенны в «Приложении 2» к настоящей рабочей программе.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

***Перечень программного обеспечения:*** MSOffice, RAMUS.

***Информационные справочные системы:***

1. Информационные ресурсы образовательной среды «МГОТУ».
2. Информационно-справочные системы «Консультант+», «Гарант».
3. Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Экспериментальная отработка ракетной техники».

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

***Лекционные занятия:***

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (компьютер, проектор, экран) и интерактивной доской Smart Board;
- комплект электронных презентаций / слайдов;

***Практические занятия:***

- учебный класс, оснащенный вычислительной техникой (ПК), программами Power Point;
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.

Проведение компьютерного тестирования может осуществляться в компьютерном классе университета, а также с использованием возможностей информационно-обучающей среды.

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ»  
(Приложение 1 к рабочей программе)**

**Направление подготовки:** 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно–космических комплексов»

**Специализация:** №21 «Производство и технологическая обработка изделий ракетно-космической техники»

**Уровень высшего образования:** специалитет

**Квалификация (степень) выпускника:** инженер

**Форма обучения:** очная, очно-заочная

**Королёв  
2023**

**1.Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения рабочей программы приведен в таблице 1**

**Таблица 1**

№ п/п	Виды компетенций	Содержание компетенций или их части	Разделы дисциплины, способствующие формированию компетенций	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции, обучающийся приобретает		
				Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
1	ПК-4	Способность сопровождения и анализа результатов процесса подготовки и проведения испытаний космических аппаратов, космических систем и их составных частей в наземных условиях.	Темы 3 - 6	Выполнять расчеты с использованием специализированного программного обеспечения.	Применять физические принципы, используемые при испытаниях для имитации условий реальной эксплуатации. Производить анализ с выявлением первопричины отклонения от КД или технологического процесса.	Знать современные технологии сборки и испытаний агрегатов и изделий РКТ.

	ПК-10	Способность к выявлению причины и устранению дефектов на изделиях в составе комиссии	Темы 3 - 6	Проводить анализ вариантов технических решений при разработке проектов космических аппаратов, космических систем и их составных частей	Проводить поиск дефектов изделия РКТ в составе комиссии.	Знать перечень критичных элементов конструкции, технологических процессов, критичных конструктивных и технологических параметров
2	ПК-6,	Способность разработки технологических процессов сборки и испытаний агрегатов и систем с применением средств автоматизированного проектирования.	Темы1 - 7	Оформлять технологическую документацию  Определять маршрут сборки и последовательность выполнения операций	Уметь читать конструкторскую документацию	Знать: Конструкция изделия РКТ.  Единая система технологической документации (ЕСТД) и НД организации по правилам разработки и оформления технологических процессов.
	ПК-7	Способность внедрять в производство технологические процессы сборки и испытаний изделий и агрегатов РКТ.	Темы1 - 7	Проведение экспериментальных и опытных работ по внедрению технологических процессов сборки и ис-	уметь оформлять акты внедрения технологического процесса сборки и испытаний	Знать: технические требования к КД. НД организации в части отработки КД на

				пытаний изделий и агрегатов РКТ, оснастки, оборудования в составе комиссии.	изделий и агрегатов РКТ.	технологичность, по внедрению и аттестации технологических процессов.  знать современные технологии сборки и испытаний агрегатов и изделий РКТ
	ПК-8	Способность осуществления контроля соблюдения технологической дисциплины на рабочих местах при выполнении процессов сборки и испытаний РКТ	Темы1 - 7	отражать выявленные замечания в журнале контроля технологической дисциплины.	Уметь осуществлять контроль соблюдения рабочими технологической дисциплины на рабочем месте  Уметь составлять докладные записки на имя начальника службы технического контроля и начальника подразделения.	Знать: условия поставки комплектующих деталей и сборочных единиц. Нормативные и методические документы по обеспечению промышленной чистоты.  знать порядок проведения проверки технологической дисциплины.

**2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.**

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Этапы и показатель оценивания компетенции	Критерии оценивания компетенции на различных этапах формирования и шкалы оценивания
ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-10	Разработки в форме задач	А) полностью сформирована компетенция, освоена на высоком уровне: 5 баллов Б) частично сформирована компетенция: освоена: на продвинутом уровне - 4 балла; освоена на базовом уровне - 3 балла; В) не сформирована компетенция: 2 балла	1. Выбор оптимального метода решения задачи (1 балл). 2. Умение применить выбранный метод (1 балл). 3. Ход решения правильный, но имеются арифметические ошибки в расчетах (1 балл). 4. Получение решения и правильного результата (2 балла). Максимальная оценка 5 баллов.

### **3. Примеры заданий, необходимых для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **3.1 Примеры разработок в форме задач**

**Задача 1.** Разработать технологию испытаний камеры ракетного двигателя на статическую прочность. Камера должна работать при давлении 10 МПа в период времени её эксплуатации.

Разработка должна содержать:

- пневмогидравлическую систему стенда с необходимыми средствами измерений для проведения испытаний;
- определение величин: давления для расчёта камеры на прочность, пробного давления и давления для оценки запаса прочности при проведении испытаний камеры;
- последовательность выполнения на стенде операций технологического процесса испытаний камеры.

**Задача 2.** Разработать технологию определения напора, потребной мощности и кавитационного запаса водородного насоса двигателя с применением воды в качестве модельного рабочего тела.

Водородный насос двигателя спроектирован для функционирования при следующих значениях параметров: массовый расход компонента - 3 кг/с, плотность компонента - 71 кг/м<sup>3</sup>, давление и температура на входе - 0,2 МПа и 20 К, давле-

ние на выходе из насоса - 20 МПа, частота вращения - 40 тысяч об/мин, коэффициент полезного действия насоса - 0,60.

Разработка должна содержать:

- пневмогидравлическую систему стенда с необходимыми средствами измерений для проведения испытаний;
- определение режимов проведения испытаний в течение времени 600 с на основе представлений о подобии параметров лопаточных машин;
- последовательность выполнения на стенде операций технологического процесса испытаний насоса;
- графическое изображение вида энергетических и кавитационной характеристик насоса.

**Задача 3.** Стендовые испытания насосов окислителя и горючего проводят на натуральных компонентах топлива с приводом от электромотора. Определите: максимально допустимое число оборотов насосов исходя из условий бескавитационной работы на жидких компонентах кислороде и водороде, величину прогрева компонентов топлива в насосах. Исходные данные для проведения расчётов:

- давление на входе в насосы  $p_{вх} = 0,2$  МПа;
- массовый расход окислителя  $m_o = 50$  кг/с;
- соотношение компонентов топлива при работе двигателя  $k_m = 5,5$  ;
- рабочая температура на входе с насос кислорода  $T_o = 93$  К, а на входе в насос водорода  $T_r = 22$  К;
- критический коэффициент быстроходности насосов  $C_{кр} = 3500$ ;
- коэффициент полезного действия  $\eta = 0,6$ .

Поясните, что представляет графическое изображение кавитационной характеристики насоса.

**Задача 4.** Разработать технологию имитации эксплуатационных условий при испытаниях кислородно-керосинового двигателя с воспроизведением прогнозируемых условий по изменениям давления и температуры кислорода на входе в двигатель.

Кислородная магистраль двигателя спроектирована для обеспечения следующих режимов работы: массовый расход компонента - 100 кг/с, плотность компонента - 1140 кг /м<sup>3</sup>, диапазон изменений давления на входе в двигатель – от 0,2 до 0,5 МПа, диапазон изменений температуры на входе - от 85 до 95 К, продолжительность работы двигателя 350 с, соотношение компонентов топлива при испытаниях двигателя - 3.

Разработка должна содержать:

- пневмогидравлическую систему стенда для испытаний двигателя с необходимыми средствами регулирования температуры и давления кислорода и керосина на входе в двигатель и необходимыми средствами измерений;
- определение объёма топливных баков горючего и окислителя с учётом гарантированных запасов, непроизводительных затрат и потерь КТ, объёма внутрибаковых устройств и необходимого газового объёма;
- определение максимального расхода газа – гелия для наддува топливных баков в период времени работы двигателя;
- последовательность выполнения на стенде операций технологического процесса испытаний двигателя.

#### 4. Материалы аттестации, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине «Экспериментальная отработка ракетной техники» являются одна текущая аттестация в форме решения задач, итоговый контроль осуществляется в форме зачета или экзамена.

Неделя текущего контроля	Вид аттестации	Код компетенций, оценивающих знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
В соответствии с графиком учебного процесса	Результаты решения задачи	ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-10	Соответствие содержанию методических рекомендаций преподавателя	Доклад на практических занятиях или оформление в тетради	Результаты представляются в день рассмотрения завершённых решений	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Неявка – 0. Неудовлетворительно – менее 50% правильных ответов Удовлетворительно – от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%.
В соответствии с графиком учебного процесса	Зачет	ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-10	2 вопроса	Зачет проводится в устной форме путем ответа на вопросы. Время, отведенное на процедуру – 20 минут -	Результаты представляются в день проведения зачета	Критерии оценки: «Зачтено»: -ответ на вопросы билета - работа на практических занятиях; -знание основных изучаемых теоретических положений дисциплины; -умение использовать и применять полученные знания на практике. «Не зачтено»: -демонстрирует частичные знания по темам дисциплины

						ны; -незнание основных понятий предмета; -не работал на практических занятиях.
В соответствии с графиком учебного процесса	Экзамен	ПК-4, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-10	2 вопроса	Экзамен проводится в устной форме путем ответа на вопросы. Время, отведенное на процедуру – 20 минут -	Результаты представляются в день проведения экзамена.	Критерии оценки: «Отлично»: знание основных понятий предмета; умение использовать и применять полученные знания на практике; работа на практических занятиях; знание основных научных теорий, изучаемых предметов; ответ на вопросы билета. «Хорошо»: •знание основных понятий предмета; •умение использовать и применять полученные знания на практике; •работа на практических занятиях; •знание основных научных теорий, изучаемых предметов; •ответы на вопросы билета •неправильно решено практическое задание «Удовлетворительно»: демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; незнание, неумение использовать и применять полученные знания на практике; не работал на практических занятиях; «Неудовлетворительно»: демонстрирует частичные

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.

## 5. Примеры вопросов для аттестации студентов на экзамене (зачёте)

1. Экспериментальная отработка (ЭО) для обеспечения требуемого качества двигательной установки (ДУ):  
определение понятия «экспериментальная отработка» и её назначение;

- основные этапы ЭО ДУ и цель их реализации;  
содержание программы ЭО ДУ;  
модель роста качества при проведении ЭО.
2. Испытания двигательной установки (ДУ) при экспериментальной отработке:  
определение понятия «испытание» и отличие содержания испытания от ЭО;  
цель испытаний и содержание метода испытаний;  
содержание программы испытаний ДУ;  
виды и особенности конструкторских испытаний ДУ.
  3. Технология стендовых испытаний при экспериментальной отработке:  
определение понятия «технология стендовых испытаний» и структура технологического цикла подготовки и проведения испытаний;  
содержание блоков и основных операций технологического цикла;  
способ оценки стоимости и продолжительности испытаний.
  4. Моделирование эксплуатационных условий при экспериментальной отработке:  
виды эксплуатационных и возмущающих факторов, влияющих на работу ДУ;  
существо применяемых методов физического моделирования;  
определение понятия «имитация эксплуатационных условий» и особенности реализации имитации.
  5. Особенности получения информации при испытаниях:  
функциональная схема получения информации при стендовых испытаниях;  
способы получения необходимого уровня качества и достоверности информации;  
виды процедур обработки, анализа и оформления результатов испытаний.
  6. Испытательный комплекс (ИК) для проведения экспериментальной отработки:  
определение понятия «испытательный комплекс» и его структура;  
основные функции подразделений ИК;  
основные особенности, которые определяют назначение ИК.
  7. Стенд для автономных испытаний жидкостных ракетных двигателей (ЖРД):  
конструктивное исполнение стенда;  
состав и назначение стендового оборудования;  
основные особенности, которые определяют назначение и технические возможности стенда.
  8. Пневмогидравлическая система (ПГС) стенда:  
схема систем топливоподачи и наддува расходных баков и их назначение;

- зависимости для расчётного определения объёма расходного бака, давления наддува бака, гидравлического сопротивления расходной магистрали;
- виды агрегатов и систем, входящих в ПГС стенда.
9. Стенд для комплексной отработки двигательной установки (ДУ):  
виды, конструктивное исполнение и характеристики существующих стендов;  
особенности устройства и назначение стендовых экспериментальных установок (ЭУ).
  10. Определение статической прочности конструкции:  
виды и задачи статических испытаний;  
схема стендовой ЭУ и технология проведения статических испытаний для определения прочности камеры;  
характеристики, определяемые для подтверждения статической прочности.
  11. Определение динамической прочности конструкции при вибрациях:  
виды и задачи динамических испытаний;  
схема стендовой ЭУ и технология испытаний с имитацией вибрационных нагрузок; характеристики, определяемые для подтверждения динамической прочности при вибрационных нагрузках.
  12. Определение динамической прочности при вращении агрегатов ТНА:  
виды и задачи динамических испытаний;  
схема стендовой ЭУ и технология испытаний с имитацией эксплуатационных режимов работы насосов;  
характеристики, определяемые для подтверждения прочности при вращении.
  13. Определение герметичности системы или конструкции:  
виды и задачи испытаний для оценки герметичности;  
устройство системы для определения общей и местной герметичности и технология проведения испытаний;  
характеристики, определяемые по результатам испытаний.
  14. Определение гидравлических характеристик элементов системы топливоподдачи:  
виды и задачи испытаний;  
схема стендовой ЭУ и технология испытаний отсечного клапана с имитацией эксплуатационных режимов работы;  
характеристики, определяемые по результатам гидравлических испытаний клапана.
  15. Определение динамических характеристик системы топливоподдачи:  
виды и задачи испытаний;  
схема стендовой ЭУ и технология испытаний с имитацией пульсационно-частотных возмущений в системе топливоподдачи;  
характеристики, определяемые по результатам динамических испытаний.

16. Определение газодинамических характеристик огневых агрегатов двигателя:
  - виды и задачи испытаний;
  - схема стендовой ЭУ и технология испытаний с имитацией пульсационно-частотных колебаний в объёме камеры;
  - характеристики, определяемые по результатам испытаний с возбуждением акустических колебаний в огневом агрегате двигателя.
17. Определение энергетических характеристик камеры двигателя:
  - виды и задачи испытаний;
  - схема стендовой ЭУ и технология стендовых огневых испытаний камеры двигателя; характеристики, определяемые по результатам автономных испытаний камеры.
18. Определение энергетических и кавитационных характеристик топливных насосов двигателя:
  - виды и задачи испытаний;
  - схема ЭУ и технология автономных испытаний топливных насосов;
  - энергетические и кавитационные характеристики, определяемые по результатам автономных испытаний топливных насосов двигателя.
19. Метод регрессионного анализа результатов испытаний:
  - цель и принцип осуществления испытаний с применением многофакторного эксперимента;
  - способ планирования многофакторного эксперимента;
  - пример регрессионного анализа по результатам эксперимента, реализованного с учётом планирования эксперимента.
20. Стендовая информационно-измерительная система (ИИС):
  - назначение ИИС и решаемые задачи;
  - виды измеряемых на стенде и в составе объекта испытаний механических, тепловых и электрических параметров;
  - структурная схема ИИС и назначение отдельных блоков этой схемы.
21. Первичные преобразователи физических величин в электрические:
  - виды и принцип действия применяемых в ИИС преобразователей;
  - примеры устройства датчиков давления, температуры, расхода рабочего тела, силы тяги двигателя.
22. Стендовая информационно-управляющая система (ИУС):
  - задачи, решаемые ИУС при испытаниях и способы их решения;
  - структурная схема ИУС и назначение отдельных блоков этой схемы.
23. Метрологические вопросы измерений при испытаниях:
  - определение понятия «погрешность измерений» и виды погрешностей, оцениваемых на практике;
  - способы оценки и уменьшения систематических и случайных погрешностей;
  - способы определения предельных значений погрешностей в случаях прямых и косвенных измерений.
24. Особенности формирования результатов испытаний:

- определения понятия «результат испытаний» и виды его оценки;  
основные особенности формирования результатов испытаний;  
способ приведения результатов испытаний к номинальным условиям.
25. Система технической диагностики (СТД) при стендовых испытаниях:  
задачи, решаемые СТД при испытаниях;  
виды и особенности технической диагностики при подготовке и проведении испытаний;  
схема функционирования СТД;  
применяемые способы оценки технического состояния объекта испытаний.
26. Система аварийной защиты (САЗ) при стендовых испытаниях:  
задачи, решаемые САЗ при испытаниях;  
схема функционирования САЗ;  
возможные аварийные ситуации и способы их предотвращения при испытаниях САЗ.
27. Методические аспекты проведения испытаний при автономной отработке двигателя:  
задачи, решаемые при экспериментальной отработке двигателя;  
виды и содержание основных этапов экспериментальной отработки двигателей;  
основные факторы, определяющие стоимость и продолжительность испытаний при экспериментальной отработке двигателя;  
возможные пути рационального проведения отработки.
28. Технология проведения испытаний при автономной отработке двигателя:  
схема ПГС стенда и двигателя для проведения испытаний;  
последовательность технологических операций при подготовке и проведении испытаний;  
виды проводимых испытаний и определяемых характеристик.
29. Эксплуатационные условия, имитируемые при автономной отработке двигателя:  
определения понятия «эксплуатационные условия»;  
внешние и внутренние факторы, влияющие на функционирование двигателя;  
виды эксплуатационных факторов, имитируемых при испытаниях двигателей.
30. Определение влияния параметров термодинамического состояния компонентов топлива (КТ) на работу двигателя:  
проблемы, связанные с влиянием физических параметров КТ на работу двигателя; способы приближения при испытаниях гидравлических и тепловых характеристик КТ в системах стенда к расчётным условиям;  
особенности схем ПГС стенда для имитации эксплуатационных условий.
31. Определение влияния газосодержания в КТ на работу двигателя:  
проблемы, связанные с газосодержанием в КТ на работу двигателя;

- способы приближения при испытаниях гидравлических характеристик КТ в системах стенда к расчётным условиям;  
особенности схем ПГС стенда для имитации эксплуатационных условий.
32. Определение влияния инородных частиц в КТ на работу двигателя:  
проблемы, связанные с влиянием инородных частиц в КТ на работу двигателя;  
способ оценки при испытаниях влияния качества КТ на работу двигателя;  
особенности схемы ПГС стенда для имитации эксплуатационных условий.
33. Приближение гидродинамики системы топливоподачи стенда к условиям работы двигателя в составе ДУ:  
проблемы, связанные с различием гидродинамики стендовых расходных магистралей и магистралей ДУ;  
способы приближения при испытаниях гидродинамики стендовых расходных магистралей к гидродинамике магистралей ДУ;  
особенности схемы ПГС стенда при имитации эксплуатационных условий.
34. Приближение режимов испытаний двигателя на стенде к условиям функционирования в окружающей среде:  
проблемы, связанные с влиянием высотных условий на работу двигателя;  
способы имитации при испытаниях двигателя физических параметров среды, характерных для условий эксплуатации;  
особенности схемы стенда для имитации эксплуатационных условий на выходе продуктов сгорания из двигателя.
35. Методические аспекты стендовых испытаний ДУ при комплексной отработке:  
цель испытаний при комплексной отработке ДУ и решаемые задачи;  
виды и особенности холодных и огневых стендовых испытаний (ХСИ и ОСИ);  
назначение и особенности огневых предполётных стендовых испытаний (ОПИ).
36. Технология проведения испытаний при ХСИ и ОСИ ДУ:  
виды и особенности технологических операций при проведении ХСИ;  
виды и особенности технологических операций при проведении ОСИ;  
функциональная модель проведения ОСИ ДУ и назначения блоков этой модели.
37. Система безопасности подготовки и проведения испытаний:  
виды опасностей при подготовке и проведения стендовых испытаний;  
необходимость и особенности разработки организационно-технических мероприятий по безопасности испытаний конкретных ДУ;  
структурная схема комплекса мероприятий, реализуемых при испытаниях ДУ.
38. Определение завершённости программы стендовой ЭО ДУ:

определение понятия «доверительная вероятность» и «вероятность безотказной работы»;  
способ оценки достоверности полученной информации по результатам испытаний;  
способ оценки вероятности безотказной работы по результатам ЭО ДУ.

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕ-  
НИЮ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ»**

(Приложение 2 к рабочей программе)

**Направление подготовки:** 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно–космических комплексов»

**Специализация:** №21 "Производство и технологическая обработка изделий ракетно-космической техники"

**Уровень высшего образования:** специалитет

**Квалификация (степень) выпускника:** инженер

**Форма обучения:** очная, очно-заочная

**Королёв  
2023**

## 1. Общие положения

*Целью изучения дисциплины «Экспериментальная отработка ракетной техники»* является формирование знаний об основных принципах отработки средств выведения космических аппаратов, а также приобретение способности по разработке технологии испытаний двигательных установок ракет для подтверждения надёжности и безопасности их функционирования. Изучение этой дисциплины позволит выпускникам успешно решать в профессиональной деятельности задачи, связанные с созданием и методами отработки ракетной техники.

### *Основными задачами изучения дисциплины являются:*

- ознакомление с основными принципами отработки ракетной техники для обеспечения её надёжной и безопасной эксплуатации;
- ознакомление с методами экспериментальной отработки ракетной техники и проведения испытаний двигательных установок, с технологией и техническими средствами для их реализации;
- освоение методов разработки технологического цикла и безопасных условий проведения испытаний двигательных установок;
- освоение способов анализа и оценки результатов испытаний ракетной техники.

### *После освоения данной дисциплины студент должен:*

- **знать** основные виды автономной и комплексной отработки ракетных систем в наземных условиях и технические средства для реализации такого вида работ;
- **уметь** проводить разработку технологических процессов подготовки и проведения испытаний, а также разработку систем стендов, для реализации необходимого объёма отработки;
- **владеть** методами метрологической оценки и контроля результатов испытаний для подтверждения надёжности и безопасности функционирования обрабатываемых объектов.

## 2. Указания по проведению практических (семинарских) занятий

Проведение практических занятий по предмету «Экспериментальная отработка ракетной техники» обусловлено необходимостью:

- подтверждения, что студенты понимают назначение, основные принципы и виды экспериментальной отработки ракетной техники и в первую очередь - двигательных установок ракет и их элементов;
- приобретения студентами навыков разработки технологических процессов подготовки и проведения испытаний, а также разработки систем стендов, для реали-

зации необходимого объёма отработки, обеспечивающего требуемые надёжность и безопасность функционирования двигательных установок.

Практические занятия по предмету «Экспериментальная отработка ракетной техники» рекомендуется проводить на основе обсуждения:

- докладов обучающихся по результатам практических разработок, проведенных при решении задач по темам, которые указаны в разделе 4.2 рабочей программы дисциплины «Экспериментальная отработка ракетной техники»;

- на основе подготовленных ответов обучающимися на теоретические вопросы, приложенные к лекциям по каждой из тем, указанных в разделе 4.2 рабочей программы.

При этом каждый из обучающихся должен выступить на практических занятиях не менее 2-х раз в каждом из семестров по теоретическому вопросу и решению практических задач.

Кроме того, также предусмотрено время практических занятий частично использовать для ознакомительного посещения испытательного комплекса после согласования с руководством одной из организаций ракетно-космической промышленности.

### **3. Указания по проведению лабораторного практикума**

Проведение лабораторного практикума в рабочей программе по предмету «Экспериментальная отработка ракетной техники» не предусмотрено.

### **4. Указания по проведению самостоятельной работы**

Самостоятельная работа должна быть направлена на использование материала по испытаниям двигательных установок ракет, содержащегося в лекциях преподавателя и в научно-технической литературе, для углубленного изучения предмета и систематизации знаний.

В результате самостоятельной работы обучающиеся должны приобрести навыки подготовки докладов и электронных презентаций, умение разрабатывать вопросы, связанные с технологией испытаний ракетных двигательных установок и находить рациональные технические решения на основе самостоятельно подготовленных материалов.

В таблице 4.1 для примера приведены виды самостоятельной работы, которые обучающийся должен выполнять по предмету «Экспериментальная отработка ракетной техники».

Таблица 4.1

№ п/п	Наименования тем дисциплины	Виды самостоятельной работы
1	Темы 1-21, перечисленные в разделе 4.2 рабочей программы	Подготовка ответов на теоретические вопросы и решения задач по каждой из тем 1- 21 с обсуждением на практических занятиях.
2	Научно-исследовательская работа по одной из тем 1-21, перечисленных в разделе 4.2 рабочей программы	Подготовка реферата (доклада) на основе углубленного и расширенного изучения одной из тем, предложенных преподавателем, для обсуждения на кафедре или на конференции

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### *Основная литература:*

1. Бершадский В.А., Коломенцев А.И. Основы технологии стендовых испытаний двигательных установок жидкостных ракет // М: Изд-во МАИ в двух частях: Автономная отработка. 2014. 214 с.; Комплексная отработка. 2016. 164 с.
2. Галеев А.Г., Иванов В.Н., Катенин А.В. и др. Методология экспериментальной отработки ЖРД и ДУ, основы проведения испытаний и устройства испытательных стендов // Киров: Изд-во МЦНИП. 2015. 436 с.
3. Бахвалов Ю.О. Испытания ракетно-космической техники. Введение в специальность: учебное пособие // М: Изд-во АИР.2015. 228 с.
4. Коломенцев А.И., Краев М.В., Назаров В.П. и др. Испытание и обеспечение надёжности ракетных двигателей : учебник // Красноярск: Изд-во Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. 2006. 336 с.
5. Лисейкин В.А., Милютин В.В., Сайдов Г.Г. и др. Информационно-управляющие системы для стендовых испытаний жидкостных ракетных двигательных установок и их систем // М: Машиностроение, 2013. 406 с.
6. Мороз А.П. Ракетная телеметрия: монография. – М.: Изд-во «научный консультант», 2021. – 478 с.

#### *Дополнительная литература:*

6. Жуковский А.Е., Кондрусев В.С., Окорочков В.В. Испытания жидкостных ракетных двигателей: учебник // М: Машиностроение. 1992. 351 с.
7. Экспериментальная отработка космических летательных аппаратов / Под редакцией Н.В. Холодкова. // М: Изд-во МАИ. 1994. 413 с.

8. Александровская Л.Н., Круглов В.И., Кузнецов А.Г. и др. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка технических систем // М: Изд-во Логос. 2003. 736 с.

9. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология // М: Изд-во Логос. 2001.379 с.

10. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента // М: Изд-во Мир.1972.381с.

**7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети  
«Интернет»**

***Интернет-ресурсы:***

<http://www.biblioclub.ru/>

<http://www.rucont.ru/>

<http://www.znaniium.com/>

<http://www.book.ru>

<http://e.lanbook.com/>

<http://www.biblio-online.ru>

<http://ies.unitech-mo.ru/>

<http://unitech-mo.ru/>

[Elibrary](#)

**8. Перечень информационных технологий, используемых при изучении предмета**

***Перечень программного обеспечения:*** MSOffice

***Информационные справочные системы:*** Электронные ресурсы образовательной среды Университета.