



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.

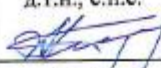
Автор: д.т.н., с.н.с. Бершадский В.А. Рабочая программа дисциплины: «Экспериментальная отработка ракетной техники» – Королев МО: «Технологический университет», 2023.

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.	№ ___ от ___ . __. 20 __ г.	№ ___ от ___ . __. 20 __ г.	№ ___ 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.	№ ___ от ___ . __. 20 __ г.	№ ___ от ___ . __. 20 __ г.	№ ___ 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
Общая трудоемкость	216	108	108		
ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ					
Аудиторные занятия	96	48	48		
Лекции (Л)	32	16	16		
Практические занятия (ПЗ)	64	32	32		
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-		
Практическая подготовка	-	-	-		
Самостоятельная работа	120	60	60		
Курсовые работы (проекты)	-	-	-		
Расчетно-графические работы	-	-	-		
Контрольная работа	+	+	+		
Текущий контроль знаний	+	Решение задач	Решение задач		
Вид итогового контроля	+	Зачет	Экзамен		

ОЧНО-ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

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

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/м³, 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^3 , 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 отработке:
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 топливоподачи:
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 топливоподачи:
виды и задачи испытаний;
схема стендовой ЭУ и технология испытаний с имитацией пульсационно-частотных возмущений в системе топливоподачи;
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 объеме 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.