

3+

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет
Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Лобов

Н.В. Лобов
2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Испытание и обеспечение надежности ракетных двигателей»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа специалитета

Специальность **24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»**

Специализация программы специалитета

Проектирование ракетных двигателей

Квалификация выпускника:

твердого топлива

Выпускающая кафедра:

инженер

**Ракетно-космическая техника и
энергетические системы**

Форма обучения:

очная

Курс: 5

Семестр(ы): 10

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

3

Часов по рабочему учебному плану:

108

Виды контроля:

Экзамен: –

Зачет: 10


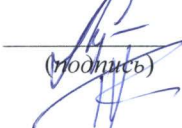
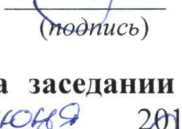
Курсовой проект: –

Курсовая работа: –


Учебно-методический комплекс дисциплины «Испытание и обеспечение надежности ракетных двигателей» разработан на основании:

- самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», утвержденного приказом ректора от 03 апреля 2017 г., номер приказа №24-О;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утверждённой 03 апреля 2017 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утвержденного 03 апреля 2017 г.

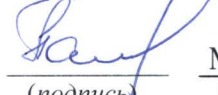
Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Физика», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Электротехника и электроника», «Вычислительные технологии в авиадвигателестроении», «Методы и средства опытной отработки РДТТ», «Методы и средства опытной отработки ЖРД», «Теория планирования, обработки и анализа эксперимента», «Системы электронного документооборота», «Научно-исследовательская работа студента» и программами учебной и преддипломной практик, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчики	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Е.М. Набока</u> (инициалы, фамилия)
	<u>ст. преподаватель</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>И.Н. Лапин</u> (инициалы, фамилия)
Рецензент	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Р.В. Бульбович</u> (инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «06» июня 2017 г., протокол № 19.

Заведующий кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы», ведущей дисциплину	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>М.И. Соколовский</u> (инициалы, фамилия)
--	--	--	--

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «7» 07 2017 г., протокол № 10
Председатель учебно-методической комиссии аэрокосмического факультета

Согласовано: Заведующий выпускающей кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>М.И. Соколовский</u> (инициалы, фамилия)
---	--	--	--

Начальник управления образовательных программ	<u>канд. техн. наук, доц.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Д.С. Репецкий</u> (инициалы, фамилия)
---	---	--	---

1 Общие положения

1.1 Цели учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование комплекса знаний основных положений теории надежности и испытаний ракетных двигателей, умений применять их для решения практических задач и владений навыками типовых расчётов надежности ракетных двигателей (РД) и других систем летательных аппаратов.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет следующие профессиональные и профессионально-специализированные компетенции:

– способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов, проводить диагностическую оценку самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации (АПК.НИ-3);

– способность проводить научные исследования, технические эксперименты и испытания ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей, узлов и систем, в том числе проводить научное обоснование срока эксплуатации изделий с ракетными двигателями (АПСК-5).

1.2 Задачи дисциплины:

- **изучение** базовых сведений об испытаниях РД и основных положений понятийного и методологического аппарата теории надежности;
- **формирование навыков** обработки результатов испытаний и умения применять теоретические основы надежности для решения практических задач;
- **формирование навыков** типовых расчетов показателей надежности РД и других элементов и систем летательных аппаратов.

1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

- классификация испытаний на надёжность;
- основы организации испытаний на надёжность;
- основные понятия, определения и положения теории надежности;
- причины возникновения отказов в РД (системах летательных аппаратов);
- классификация отказов;
- критерий отказа;
- представление отказов случайными событиями, основные соотношения алгебры событий, правила умножения и сложения вероятностей событий;
- функция надежности;
- модели отказов механических, гидравлических и пневматических систем, элементов РД;
- простейший поток отказов;
- количественные показатели надежности невозстанавливаемых и восстанавливаемых систем;
- методы расчета надежности технических устройств, метод структурных схем надежности;
- структурно-функциональная схема надежности РД и летательного аппарата;

- расчет высоконадежных систем.
- способы обеспечения надежности и резервирование в РД (летательных аппаратах).

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Испытание и обеспечение надежности ракетных двигателей» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин рабочего учебного плана и является обязательной при освоении ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива».

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

- **знать:**

- основные понятия, термины и определения теории испытаний РД и теории надежности;
- причины возникновения и классификацию отказов механических, гидравлических и пневматических систем РД;
- критерий отказа;
- модели отказов механических, гидравлических и пневматических систем РД и летательных аппаратов;
- целевое назначение расчетов надежности систем на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации;
- показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых механических, гидравлических и пневматических систем;
- свойства простейшего потока отказов;
- способы резервирования,

- **уметь:**

- обрабатывать результаты испытаний с помощью программ для ЭВМ;
- формулировать условие отказа системы и разрабатывать структурные схемы надежности;
- на основе размеченного графа состояний системы составлять уравнения Колмогорова и находить финальные вероятности безотказной работы;
- применять граф работоспособных состояний для определения вероятности безотказной работы систем;
- определять требуемую кратность резервирования и эффективность раздельного резервирования в РД;
- анализировать результаты расчета показателей надежности, давать им физическую интерпретацию,

- **владеть:**

- навыками оценки надежности по результатам испытаний;
- навыками составления и анализа структурных схем надежности;
- навыками расчета высоконадежных механических, гидравлических и пневматических систем.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
АПК.НИ-3	Способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов, проводить диагностическую оценку самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации	Физика, Метрология, стандартизация и сертификация, Электротехника и электроника, Методы и средства опытной отработки РДТТ, Методы и средства опытной отработки ЖРД, Теория планирования, обработки и анализа эксперимента, Учебная практика (практика по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности).	Научно-исследовательская работа студента, Преддипломная практика (практика по выполнению выпускной квалификационной работы).
Профессионально-специализированные компетенции			
АПСК-5	Способность проводить научные исследования, технические эксперименты и испытания ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей, узлов и систем, в том числе проводить научное обоснование срока эксплуатации изделий с ракетными двигателями	Вычислительные технологии в авиадвигателестроении.	

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций АПК.НИ-3, АПСК-5.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции АПК.НИ-3

Код	Формулировка компетенции
АПК.НИ-3	Способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов, проводить диагностическую оценку самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПК.НИ-3. Б1.В.09	Способность обрабатывать результаты испытаний с помощью автоматизированных систем и программ для ЭВМ

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – основные понятия, термины и определения теории испытаний РД на надёжность;	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Тестовые вопросы для текущего контроля. Вопросы рубежных контрольных работ Вопросы к зачёту.
Умеет: – обрабатывать результаты испытаний с помощью программ для ЭВМ;	Самостоятельная работа студентов. Лабораторные работы.	Задания рубежных контрольных работ. Типовые задания к лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам.
Владеет: – навыками оценки надежности по результатам испытаний	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов	Типовые задания к лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам.

2.2 Дисциплинарная карта компетенции АПСК-5

Код	Формулировка компетенции
АПСК-5	Способность проводить научные исследования, технические эксперименты и испытания ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей, узлов и систем, в том числе проводить научное обоснование срока эксплуатации изделий с ракетными двигателями

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПСК-5.Б1.В.09	Способность проводить обработку и анализ результатов испытаний с целью оценки надежности

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия, термины и определения теории надежности; – причины возникновения и классификацию отказов механических, гидравлических и пневматических систем РД; – критерий отказа; – модели отказов механических, гидравлических и пневматических систем РД и летательных аппаратов; – целевое назначение расчетов надежности систем на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации; – показатели надежности невозстанавливаемых и восстанавливаемых механических, гидравлических и пневматических систем; – свойства простейшего потока отказов; – способы резервирования. 	<p>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</p>	<p>Тестовые вопросы для текущего контроля. Вопросы рубежных контрольных работ Вопросы к зачёту</p>
<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – формулировать условие отказа системы и разрабатывать структурные схемы надежности; – на основе размеченного графа состояний системы составлять уравнения Колмогорова и находить финальные вероятности безотказной работы; – применять граф работоспособных состояний для определения вероятности безотказной работы систем; – определять требуемую кратность резервирования и эффективность раздельного резервирования в РД; – анализировать результаты расчета показателей надежности, давать им физическую интерпретацию. 	<p>Практические занятия. Самостоятельная работа студентов</p>	<p>Задания рубежных контрольных работ Типовые задания к практическим занятиям Отчеты по практическим занятиям.</p>

Владеет: – навыками составления и анализа структурных схем надежности; – навыками расчета высоконадежных механических, гидравлических и пневматических систем.	Практические занятия. Самостоятельная работа студентов	Типовые задания к практическим занятиям. Отчеты по выполнению практических занятий.
---	---	--

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 3 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоемкость, час.
1	Аудиторная (контактная) работа	46
	– лекции (Л)	14
	– практические занятия (ПЗ)	10
	– лабораторные работы (ЛР)	18
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
2	Самостоятельная работа	62
	– изучение теоретического материала	30
	– подготовка к аудиторным занятиям (практическим и лабораторным)	16
	– подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам	16
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине	Зачет
4	Трудоёмкость дисциплины, всего: в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	108 3

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Итоговый контроль	Самостоятельная работа	Трудоёмкость, ч/ЗЕТ	
			Аудиторная работа					Итоговый контроль	Самостоятельная работа				Трудоёмкость, ч/ЗЕТ
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1	1	Введение	1	1							1		
		1	1	1						4	5		
		2	3	1	2					6	9		
		3	1	1						4	5		
		4	8	2	6					13	21		
		5	3	1	2					8	11		
	Всего по модулю:		17	7	10		2		35	54/1,5			
2	2	6	1	1						4	5		
		7	5	1		4				8	13		
		8	18	4		14				15	33		
		Всего по модулю:		25	7		18	2			27	54/1,5	
Промежуточная аттестация								зачет					
Всего:			46	14	10	18	4	–	62	108/3			

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Основы теории надежности РД (летательных аппаратов)

Раздел 1. Основы теории надежности РД (летательных аппаратов)

Л – 7 ч; ПЗ – 10 ч; СРС – 35 ч; КСР – 2 ч.

Введение

Предмет, задачи и структура дисциплины. Организационно-методические указания по изучению дисциплины.

Тема 1. Основные понятия и определения теории надежности

Надежность и ее составляющие. Техническое состояние. Виды технического состояния (исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное, предельное). Понятие повреждения, отказа, наработки, технического ресурса и срока службы.

Тема 2. Отказы технических устройств

Факторы, определяющие надежность. Классификация отказов. Критерий отказа. Отказ как случайное событие. Применение правил умножения и сложения вероятностей для определения вероятности безотказной работы. Функция надежности. Модели отказов. Потоки отказов технических устройств. Простейший поток отказов и его свойства.

Тема 3. Количественные показатели надежности

Показатели надежности технических устройств (невосстанавливаемых и восстанавливаемых). Динамика надежности. Уравнения Колмогорова. Финальные вероятности. Коэффициент готовности.

Тема 4. Методы расчета надежности

Цель расчета надежности на этапах проектирования, производства и эксплуатации. Методы расчета. Метод структурных схем надежности. Структурно-функциональная схема надежности РД (летательного аппарата). Граф работоспособных состояний РД. Получение соотношений для расчета показателей надежности. Расчет высоконадежных систем. Способы обеспечения надежности РД.

Тема 5. Резервирование систем РД (летательных аппаратов)

Основные сведения о резервировании. Виды резервирования. Кратность и эффективность резервирования. Резервирование в РД (летательных аппаратах).

Модуль 2. Общие сведения об испытаниях РД

Раздел 2. Общие сведения об испытаниях РД

Л – 7 ч; ЛР – 18 ч; СРС – 27 ч; КСР – 2 ч.

Тема 6. Общие сведения об испытаниях РД

Роль и место испытаний в комплексе работ по созданию РД. Ракетный двигатель как объект испытаний. Классификация испытаний.

Тема 7. Основы организации испытаний

Общие положения. Метрологические характеристики. Оценка погрешностей. Оценка надежности по результатам испытаний. Методы планирования испытаний.

Тема 8. Обработка результатов испытаний

Методы обработки результатов испытаний. Статистические оценки параметров. Функция распределения по результатам испытаний. Интервальное оценивание генеральных характеристик. Определительные испытания. Планирование и оценка безотказности. Контрольные испытания. Планирование контрольных испытаний. Метод последовательного анализа. Метод усеченной последовательности. Показатели и виды ускоренных испытаний. Построение базовой зависимости и выбор режима испытаний. Планирование ускоренных испытаний и обработка их результатов.

Заключение

Обзор и обобщение изученного материала.

4.3. Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	Применение правил умножения и сложения вероятностей для определения вероятности безотказной работы механических, гидравлических и пневматических систем РД.
2	4	Расчет показателей надежности методом структурных схем.
3	4	Расчет надежности механических систем.
4	4	Расчет показателей надежности гидравлических систем.
5	5	Расчет требуемой кратности отдельного резервирования и эффективности резервирования в РД.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	7	Дифференциальный метод определения ошибок.
2	8	Определение внутрибаллистических характеристик РДТТ.
3	8	Стендовые измерения и построение модели по экспериментальным данным.
4	8	Оценка погрешностей измерений по результатам испытаний.

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоемкость, час.
1	Изучение теоретического материала	4
2	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к практическим занятиям	2
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	2
3	Изучение теоретического материала	4
4	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к практическим занятиям	5
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	4
5	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к практическим занятиям	2
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	2
6	Изучение теоретического материала	4
7	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к лабораторным работам	2
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	2
8	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к лабораторным работам	5
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	6
	Итого час./ ЗЕ	62/1,72

5.1.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1. Основные понятия, термины и определения теории надежности (ГОСТ 27.002).

Тема 2. Причины отказов механических, гидравлических и пневматических систем. Модели отказов. Критерий отказа (ГОСТ 27.002).

Тема 3. Показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем.

Тема 4. Методы расчета показателей надежности механических, гидравлических и пневматических систем.

Тема 5. Виды резервирования.

Тема 6. Причины отклонения от нормального функционирования узлов и систем агрегатов в процессе его доводки.

Тема 7. Объем измерений, при стендовых испытаниях (поле измеряемого параметра). Реализация информационных и управляющих функций: тестирование, градуировка и метрология измерительных каналов, контроль готовности стенда, контроль установки «нулей» измерительных каналов, проверка достоверности информации, цифровая фильтрация и т.п.

Тема 8. Абсолютная и относительная ошибка. Дифференциальный метод определения ошибки. Потребная точность определения параметров. Классификация погрешностей (систематические, случайные и грубые). Метод наименьших квадратов. Дисперсия воспроизводимости.

5.1.2 Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрены.

5.1.3 Реферат

Не предусмотрен.

5.1.4 Расчетно-графические работы

Не предусмотрены.

5.1.5 Индивидуальные задания

Не предусмотрены.

5.2 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия направлены в основном на приобретение новых фактических знаний и теоретических умений. Практические занятия включают в себя подробный разбор постановки и решения рассматриваемых задач, а также анализ результатов при активном участии учащихся.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, контрольные задания к экзамену, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

- тестирование для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- оценка работы студента на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- защита лабораторных работ (модуль 2);
- контрольные работы (модуль 1, 2).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт

Условия проставления зачёта по дисциплине:

- зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля и при выполнении заданий всех практических занятий, лабораторных работ, рефератов и иных видов аудиторных занятий и самостоятельной работы.

На зачёте студент должен ответить на 3 теоретических вопроса.

2) Экзамен

Не предусмотрен.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля				
	ТК	КР	ЛР	ПЗ	Зачёт
Усвоенные знания					
Знает:					
– основные понятия, термины и определения теории надежности;		+			+
– основные понятия, термины и определения теории испытаний РД на надёжность;	+	+			+
– причины возникновения и классификацию отказов механических, гидравлических и пневматических систем РД;	+	+			+
– критерий отказа;	+	+			+
– модели отказов механических, гидравлических и пневматических систем РД и летательных аппаратов;	+	+			+
– целевое назначение расчетов надежности систем на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации;	+	+			+

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля				
	ТК	КР	ЛР	ПЗ	Зачёт
– показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых механических, гидравлических и пневматических систем;	+	+			+
– свойства простейшего потока отказов;	+	+			+
– способы резервирования.	+	+			+
Освоенные умения					
Умеет:					
– обрабатывать результаты испытаний с помощью программ для ЭВМ;		+	+		+
– формулировать условие отказа системы и разрабатывать структурные схемы надежности;		+		+	+
– на основе размеченного графа состояний системы составлять уравнения Колмогорова и находить финальные вероятности безотказной работы;		+		+	+
– применять граф работоспособных состояний для определения вероятности безотказной работы систем;		+		+	+
– определять требуемую кратность резервирования и эффективность отдельного резервирования в РД;		+		+	+
– анализировать результаты расчета показателей надежности, давать им физическую интерпретацию.		+		+	+
Приобретенные владения					
Владеет:					
– навыками оценки надежности по результатам испытаний;			+		+
– навыками составления и анализа структурных схем надежности;				+	+
– навыками расчета высоконадежных механических, гидравлических и пневматических систем.				+	+

Примечание:

ТК – текущий контроль знаний по теме (опрос);

КР – рубежная контрольная работа по модулю (оценка знаний и умений);

ПЗ – выполнение практических занятий с подготовкой отчёта (оценка умений и владений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и владений).

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																Итого, ч		
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		40	41
Раздел:	P1								P2										
Лекции	2		2		2		2			2		2		2					14
Практ. занятия									4		4		4		4		2		18
Лаборат. работы	2		2		2		2		2										10
КСР								2									2		4
Изучение теор. мат.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2		2	2	2		30
Подготовка к аудит. занятиям (практичес- ким и лабораторным)		2		2		2		2			2		2		2		2		16
Подг. отчетов по практ. занятиям и лаборат. работам		2		2		2		2				2		2			2	2	16
Модуль:	M1								M2								108		
Контрольные работы									+									+	
Дисциплин. контроль																			Зачет

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.09 <i>Испытание и обеспечение надежности ракетных двигателей</i>	Блок 1. Дисциплины (модули) (блок дисциплины)								
(индекс и полное название дисциплины)	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">базовая часть блока</td> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 10px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 10px;">вариативная часть блока</td> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">по выбору студента</td> </tr> </table>		базовая часть блока	x	обязательная	x	вариативная часть блока		по выбору студента
	базовая часть блока	x	обязательная						
x	вариативная часть блока		по выбору студента						

24.05.02	«Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализация «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива»
(код направления/ специальности)	(полное название направления подготовки / специальности)

АРД / РД	Уровень подготовки	Форма обучения												
(аббревиатура направления/ специальности)	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 5px;">специалист</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">бакалавр</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">магистр</td> </tr> </table>	x	специалист		бакалавр		магистр	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 5px;">очная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">заочная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">очно-заочная</td> </tr> </table>	x	очная		заочная		очно-заочная
x	специалист													
	бакалавр													
	магистр													
x	очная													
	заочная													
	очно-заочная													

<u>2017</u> год утверждения учебного плана ОПОП	Семестр(ы)	<u>10</u>	Количество групп	<u>1</u>	Количество студентов	<u>25</u>
--	------------	-----------	------------------	----------	----------------------	-----------

Набока Евгений Михайлович
 (фамилия, инициалы преподавателя)

профессор
 (должность)

Лалин Илья Николаевич
 (фамилия, инициалы преподавателя)

ст. преподаватель
 (должность)

Аэрокосмический
 (факультет)

РКТЭС
 (кафедра)

2-39-12-33
 (контактная информация)

Карта книго-обеспеченности в библиотеку сдана

**8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы,
необходимой для освоения дисциплины**

№	Библиографическое описание <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности: учебное пособие для вузов. – СПб: БХВ-Петербург, 2006. – 702 с.	22
2	Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2010, 2011, 2012, 2014, 2016– 479 с.	33
3	Коломенцев А.И., Краев М.В., Назаров В.П. и др. Испытание и обеспечение возможности: учебник для вузов. – Красноярск: Изд-во Сиб. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 336 с.	1
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Острейковский В.А. Теория надёжности: Учебник для ВУЗов. М.: Высшая школа, 2003, 2008. – 463 с.	216
2	Голинкевич Т.А. Прикладная теория надежности: учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 168 с.	6
3	Кравченко И.Н. [и др.] Оценка надёжности машин и оборудования: теория и практика: учебник для вузов. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М: Уником Сервис, 2012. – 334 с.	2
4	Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: Учебное пособие для вузов. – М.: КНОРУС, 2010. – 480 с.	80
5	Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. – М.: Радио и связь, 1983. – 415 с.	21
2.2 Периодические издания		
1	Проблемы машиностроения и надежности машин: журнал /Журнал Института машиноведения (ИМАШ) РАН. – Москва: Наука.	–
2	Надежность: научно-технический журнал /Москва: ООО Журнал "Надежность".	–
2.3 Нормативно-технические издания		
	Не предусмотрены	
2.4 Официальные издания		
	Не предусмотрены	

2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных: электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: http://e.lanbook.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	

Основные данные об обеспеченности на

06.06.2017

(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____  Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на

(дата составления рабочей программы)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1	Лабораторные работы	Microsoft Excel		Обработка результатов экспериментальных исследований
2	Лабораторные работы	Mathcad 14 University Classroom	SE14RYMMEV0002-FLEX	Обработка результатов экспериментальных исследований

8.4 Аудио- и видео-пособия

Не используются.

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п/п	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	Аудитория оборудованная проектором и компьютером	РКТЭС	304 к.Д АКФ	72	42
2	Компьютерный класс	РКТЭС	314 к.Д АКФ	72	12

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п/п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	Персональный компьютер IBM PC	12	Оперативное управление	314 к.Д АКФ
2	Видеопроектор	1	Оперативное управление	304 к.Д АКФ
3	Экран	1	Оперативное управление	304 к.Д АКФ

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
6		