

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
Факультет авиационной и морской техники  
\_\_\_\_\_ Красильникова О.А.  
«10» 06 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Надежность, безопасность и живучесть»

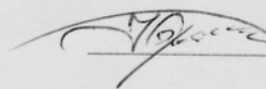
Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
5	10	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Авиастроение»

Разработчик рабочей программы:

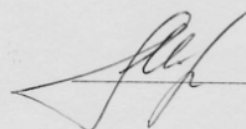
Профессор, Доцент, Доктор физико-математических наук



Бормотин К.С

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой  
Кафедра «Авиастроение»



Марьин С.Б.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Надежность, безопасность и живучесть» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации ФГОС, утвержденный приказом Минобрнауки от 04.08.2020 №877, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов» по специальности «24.05.07 Самолето- и вертолетостроение».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 32.002 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И КОНСТРУИРОВАНИЮ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ». Обобщенная трудовая функция: D: Проведение проекторочных расчетов и формирование облика АТ

Задачи дисциплины	Сформировать знания, умения и навыки по устранению недостатков конструкции самолетов, выявленных в эксплуатации или испытаниях.
Основные разделы / темы дисциплины	<p><b>Раздел 1. Основные понятия и определения теории надежности:</b>          Тема 1. Основные понятия, количественные показатели надежности,          Тема 2. Основы теории вероятности и математической статистики,          Тема 3. Основные этапы расчета надежности элементов и систем.</p> <p><b>Раздел 2. Методы оценки надежности и методы повышения надежности:</b>          Тема 1. Методы оценки надежности систем,          Тема 2. Методы повышения надежности систем,          Тема 3. Эксплуатационная надежность технических систем,          Тема 4. Параметры технического обслуживания,          Тема 5. Анализ видов, последствий и критичности отказов.</p> <p><b>Раздел 3. Случайные процессы (функции):</b>          Тема 1. Нестационарные случайные процессы,          Тема 2. Стационарные случайные процессы,          Тема 3. Определение надежности конструкции,          Тема 4. Расчет прочности конструкции в САЕ-системе.</p> <p><b>Раздел 4. Модели отказов машин и конструкций:</b>          Тема 1. Математическая структура модели отказов,          Тема 2. Полуэмпирические модели накопления повреждений.</p>

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Надежность, безопасность и живучесть» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и планируемые результаты обучения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-1 Способен к проектированию и конструированию агрегатов авиационной техники	ПК-1.1 Знает особенности проектирования и конструирования агрегатов авиационной техники ПК-1.2 Умеет проводить инженерный анализ и давать сравнительную оценку существующих и перспективных конструктивных решений ПК-1.3 Владеет навыками проектирования конструкций, отвечающих требованиям технологии опытного и серийного производства, на основе результатов расчета характеристик авиационной техники и ее агрегатов	<b>Знать:</b> Основы эксплуатационной технологичности летательных аппаратов, знает теорию массового обслуживания <b>Уметь:</b> Оценивать фактическую надежность самолета в целом и его систем по результатам испытаний <b>Владеть:</b> Методами структурных и логических схем оценки надежности самолета и его систем

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Надежность, безопасность и живучесть» изучается на 5 курсе, 10 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Конструкция самолетов и вертолетов», «Детали машин и основы конструирования», «Аэродинамика самолетов», «Конструирование деталей и узлов агрегатов самолетов», «Газовые и гидравлические системы летательных аппаратов», «Системы и оборудование самолетов», «Силовые установки летательных аппаратов», «Проектирование самолетов», «Проектирование конструкций и производство изделий из композиционных материалов», «Б1.В.ДВ.02.01 Статистические методы оценки надежности технических систем», «Б1.В.ДВ.02.02 Обеспечение заданного ресурса конструкций самолетов», «Производственная практика (конструкторская практика), 8 семестр».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Надежность, безопасность и живучесть», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Надежность, безопасность и живучесть» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем проведения / выполнения практических занятий, самостоятельных работ.

Дисциплина «Надежность, безопасность и живучесть» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

**4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 з.е., 144 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	28
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	14 0
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	14 8
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	116
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	0

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Раздел 1. Основные понятия и определения теории надежности</b>				

<b>Тема 1. Основные понятия, количественные показатели надежности.</b> <i>Надежность, безопасность, живучесть, ремонтпригодность, числовые характеристики случайных величин.</i>	1	1		4
<b>Тема 2. Основы теории вероятности и математической статистики.</b> <i>Основные законы распределения случайных величин, используемые в теории надежности.</i>	1	1		4
<b>Тема 3. Основные этапы расчета надежности элементов и систем.</b> <i>Параллельно-последовательные структуры, способы преобразования сложных структурных схем надежности.</i>	2	1		32
<b>Раздел 2. Методы оценки надежности и методы повышения надежности.</b>				
<b>Тема 1. Методы оценки надежности систем.</b> <i>Внезапные и постепенные отказы, надежность восстанавливаемых систем</i>	1	1		5
<b>Тема 2. Методы повышения надежности систем.</b> <i>Структурное резервирование без восстановления и с восстановлением, системы с временным резервированием</i>	1	0.5*		5
<b>Тема 3. Эксплуатационная надежность технических систем.</b> <i>Показатели эффективности профилактических и регламентных работ.</i>	1	0.5*		5
<b>Тема 4. Параметры технического обслуживания.</b> <i>Явные и не явные отказы, расчет необходимого количества запасного имущества и приборов.</i>	1	0.5*		5
<b>Тема 5. Анализ видов, последствий и критичности отказов.</b> <i>Характеристики тяжести последствий отказов. Коэффициенты для расчета критичности отказов.</i>	1	0.5*		11
<b>Раздел 3. Случайные процессы (функции).</b>				

<b>Тема 1. Нестационарные случайные процессы.</b> <i>Вероятностные характеристики нестационарных случайных процессов.</i>	1	0.5		5
<b>Тема 2. Стационарные случайные процессы.</b> <i>Вероятностные характеристики стационарных случайных процессов.</i>	1	0.5		11
<b>Тема 3. Определение надежности конструкции.</b> <i>Определение числовых значений вероятности безотказной работы. Определение надежности конструкции при линейной и нелинейной зависимости состояния от случайных нагрузок.</i>	1	0.5		15
<b>Тема 4. Расчет прочности конструкции в САЕ-системе.</b> <i>Расчет статистических характеристик напряжений, возникающих в конструкции под действием случайных нагрузок, усталостной прочности конструкции и среднего времени безотказной работы.</i>		6*		
<b>Раздел 4. Модели отказов машин и конструкций.</b>				
<b>Тема 1. Математическая структура модели отказов.</b> <i>Элементарные модели отказов машин и конструкций. Кумулятивные модели. Модели Марковского типа. Модели Пуассоновского типа. Вычисление математических ожиданий числа отказов.</i>	1	0.5		5
<b>Тема 2. Полуэмпирические модели накопления повреждений.</b> <i>Мера повреждений. Линейное и нелинейное суммирование повреждений. Многостадийная модель.</i>	1			9
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	14	14		116

\* реализуется в форме практической подготовки

**6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Изучение теоретических разделов дисциплины	62
Выполнение и подготовка к защите контр.раб.	40
Подготовка к тестированию	14
Итого	116

## **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

1. Долгин, В. П. Надежность технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/Долгин В.П., Харченко А.О. - М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 167 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.

2. Антонов, А. В. Теория надежности. Статистические модели [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Антонов, М.С. Никулин, А.М. Никулин, В.А. Чепурко. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 576 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.

3. Теория случайных процессов / Булинский А.В., Ширяев А.Н. - М.: Физматлит, 2005. - 400 с. <http://znanium.com>

4. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. - 2-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2000. - 480с.

5. Бормотин, К.С. Анализ напряженно-деформированного состояния в системе MSC.NASTRAN & MSC.PATRAN : учеб. пособие / К. С. Бормотин, А. И. Олейников. - Комсомольск-на-Амуре : Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2009. - 135с.

### **8.2 Дополнительная литература**

1. Кравченко, Е.Г. Надёжность технических систем в машиностроении : учебное пособие / Е. Г. Кравченко. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 125с.

2. Надёжность и диагностика технологических систем : учебник для вузов / Ю. А. Бондаренко, М. А. Федоренко, А. А. Погонин, Т. М. Санина. - Старый Оскол: Изд-во ТНТ, 2016. - 212с.



3. Теоретические основы самолето- и вертолетостроения / Курлаев Н.В., Нарышева Г.Г., Рынгач Н.А. - Новосиb.:НГТУ, 2013. - 100 с.: ISBN 978-5-7782-2232-8 - Режим доступа <http://znanium.com/catalog/product/557113>.

4. Безопасность и надежность технических систем : учебное пособие / Л. Н. Александровская, И. З. Аронов, В. И. Круглов [и др.] - Москва : Логос, 2020. - 376 с: ил. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1211589>. – Режим доступа: по подписке.

5. Рябинин, И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И. А. Рябинин. — Санкт-Петербург : Политехника, 2017. — 250 с. — ISBN 978-5-7325-1116-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/65600.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

### 8.3 Методические указания для студентов по освоению 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 контрольной работы, выполнению домашних заданий по практическим занятиям.
4. 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.

### 8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. Богатова С.В., Бухенский К.В., Лукьянова Г.С. Дифференциальные уравнения. Ряды: Практикум с использованием системы Mathcad: Единое окно доступа к образовательным ресурсам // <http://window.edu.ru/resource/455/70455>
2. Mathcad Application Server (MAS): Он-лайн расчеты в Mathcad // <http://mas.exponenta.ru>

### 8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" по адресу <http://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять:

- фиксацию хода образовательного процесса посредством размещения в личных кабинетах студентов отчетов о выполненных заданиях;
- взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения контрольной работы.

Процесс обучения сопровождается использованием компьютерных программ: Mathcad, MSExcel.

## **8.6 Лицензионное программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
University MD FEA Bundle (Naturan, Patran)	лицензия ЕС 4681
Mathcad Education	Договор № 106-АЭ120 от 27.11.2012
OnlyOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.onlyoffice.com/ru/download-desktop.aspx">https://www.onlyoffice.com/ru/download-desktop.aspx</a>

## **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

#### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

#### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению 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 и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.

4. 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.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
Ауд. 112 3 корпус	Мультимедийный класс	Экран, мультимедиа проектор, персональный компьютер
Ауд. 225 3 корпус	Мультимедийный класс	Экран, мультимедиа проектор, персональные компьютеры

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

Процесс обучения сопровождается использованием компьютерных программ: Mathcad, Microsoft Office, MSC.Patran, MSC.Natran.

## **11 Иные сведения**

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### по дисциплине

#### «Надежность, безопасность и живучесть»

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
5	10	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Авиастроение»

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Таблица 1 – Компетенции и планируемые результаты обучения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-1 Способен к проектированию и конструированию агрегатов авиационной техники	<p>ПК-1.1 Знает особенности проектирования и конструирования агрегатов авиационной техники</p> <p>ПК-1.2 Умеет проводить инженерный анализ и давать сравнительную оценку существующих и перспективных конструктивных решений</p> <p>ПК-1.3 Владеет навыками проектирования конструкций, отвечающих требованиям технологии опытного и серийного производства, на основе результатов расчета характеристик авиационной техники и ее агрегатов</p>	<p><b>Знать:</b> Основы эксплуатационной технологичности летательных аппаратов, знает теорию массового обслуживания</p> <p><b>Уметь:</b> Оценивать фактическую надежность самолета в целом и его систем по результатам испытаний</p> <p><b>Владеть:</b> Методами структурных и логических схем оценки надежности самолета и его систем</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Раздел 1. Основные понятия и определения теории надежности	ПК-1.1, ПК-1.3	Тест по разделу, Контрольная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знание основных понятий и показателей надежности, безопасности и живучести;</li> <li>- знание критериев надежности;</li> <li>- умение выбрать и логически написать ответ.</li> </ul>
Раздел 2. Методы оценки надежности и методы повышения надежности.	ПК-1.1, ПК-1.2	Тест по разделу, Практическая работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знание причины отказов и неисправностей систем;</li> <li>- умение выбрать и логически написать ответ.</li> </ul>
Раздел 3. Случайные процессы (функции).	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3	Практическая работа, Контрольная работа, Практическая работа в системе САЕ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- понимание метода расчета количественные характеристики надежности и умение его правильно применить;</li> <li>- качество оформления;</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- точность расчетов и достаточность пояснений;</li> <li>- знание показателей безопасности и живучести.</li> </ul>
Раздел 4. Модели отказов машин и конструкций.	ПК-1.1	Тест по разделу	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знание причины отказов и неисправностей систем;</li> <li>- умение выбрать и логически написать ответ.</li> </ul>

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
10 семестр <b>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</b>			
Тест	10 неделя	10 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>9-10 баллов – 91-100% правильных ответов – высокий уровень знаний, умений и навыков;</li> <li>7-8 баллов – 71-90% % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний, умений и навыков;</li> <li>5-6 баллов – 61-70% правильных ответов – средний уровень знаний, умений и навыков;</li> <li>3-4 балла – 51-60% правильных ответов – низкий уровень знаний, умений и навыков;</li> <li>0 баллов – 0-50% правильных ответов – очень низкий уровень знаний, умений и навыков;</li> </ul>
Практическая работа	В течение семестра	10 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 баллов – студент правильно выполнил практическое задание. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</li> <li>7 баллов – студент выполнил практиче-</li> </ul>



			<p>ское задание с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>3 балла – студент выполнил практическое задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при выполнении практического задания студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
Практическая работа в системе САЕ	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов – студент правильно выполнил практическое задание. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент выполнил практическое задание с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>3 балла – студент выполнил практическое задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при выполнении практического задания студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
Контрольная работа	16 неделя	10 баллов	<p>9-10 баллов – Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p>

			<p>7-8 баллов – Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении контрольной работы.</p> <p>5-6 баллов – Студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления контрольной работы имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов – Студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также не способен пояснить полученный результат.</p>
<b>ИТОГО:</b>		40 баллов	

**Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:**

0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  
 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  
 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  
 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)

**3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

**3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

**Тест**

Выберите правильный ответ.

1. Свойство самолета сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять полетные задания в расчетных режимах и условиях эксплуатации, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования – это:

- a) Надежность
- b) Безотказность
- c) Ремонтопригодность
- d) Долговечность
- e) Сохраняемость
- f) Безопасность

g) Живучесть

2. Свойство самолета непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение времени выполнения полетного задания – это

- a) Надежность
- b) Безотказность
- c) Ремонтопригодность
- d) Долговечность
- e) Сохраняемость
- f) Безопасность
- g) Живучесть

3. Свойство самолета, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию, и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания – это

- a) Надежность
- b) Безотказность
- c) Ремонтопригодность
- d) Долговечность
- e) Сохраняемость
- f) Безопасность
- g) Живучесть

4. Свойство самолета сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта – это

- a) Надежность
- b) Безотказность
- c) Ремонтопригодность
- d) Долговечность
- e) Сохраняемость
- f) Безопасность
- g) Живучесть

5. Свойство самолета сохранять значения эксплуатационных показателей в течение времени и после хранения и (или) транспортирования – это

- a) Надежность
- b) Безотказность
- c) Ремонтопригодность
- d) Долговечность
- e) Сохраняемость
- f) Безопасность
- g) Живучесть

6. Независимые отказы – это

- a) отказы, вероятность появления которых не зависят друг от друга;
- b) отказы отдельных элементов системы, которые одновременно происходят в процессе её работы;
- c) отказы, из которых никакие два не могут произойти одновременно;
- d) отказы, возникающие в результате изменения во времени тех параметров, которые определяют момент отказа;
- e) отказы, на вероятность возникновения которых не влияют эксплуатационные параметры самолета.

7. Совместные отказы – это

- a) отказы, вероятность появления которых не зависят друг от друга;

- b) отказы отдельных элементов системы, которые одновременно происходят в процессе её работы;
- c) отказы, из которых никакие два не могут произойти одновременно;
- d) отказы, возникающие в результате изменения во времени тех параметров, которые определяют момент отказа;
- e) отказы, на вероятность возникновения которых не влияют эксплуатационные параметры самолета.

8. Постепенные отказы – это

- a) отказы, вероятность появления которых не зависят друг от друга;
- b) отказы отдельных элементов системы, которые одновременно происходят в процессе её работы;
- c) отказы, из которых никакие два не могут произойти одновременно;
- d) отказы, возникающие в результате изменения во времени тех параметров, которые определяют момент отказа;
- e) отказы, на вероятность возникновения которых не влияют эксплуатационные параметры самолета.

9. Соотнести описание состояния объекта с названием состояния по ГОСТ 27.002-83:

1. Исправное состояние	a. Состояние, при котором объект соответствует всем требованиям НТД и (или) КД
2. Неисправное состояние	b. Состояние, при котором объект не соответствует хотя бы одному из требований НТД и (или) КД
3. Работоспособное состояние	c. Состояние, при котором значения всех параметров, соответствуют требованиям НТД и (или) КД
4. Неработоспособное состояние	d. Состояние, при котором значение хотя бы одного параметра не соответствует требованиям НТД и (или) КД
5. Предельное состояние	e. Состояние, при котором дальнейшее применение объекта по назначению недопустимо или нецелесообразно

10. Соотнесите систему с определяющим её основным свойством надежности:

1. Система однократного действия.	a. Безотказность, количественно оцениваемая вероятностью безотказной работы.
2. Система, эффективность которой существенно зависит от безотказности и ремонтпригодности.	b. Произведение вероятности безотказной работы на коэффициент готовности.
3. Система многофункционального характера действия.	c. Математическое ожидание надежности
4. Система, отказ элементов которой снижает уровень безопасности полета.	d. Вероятность отказа за время полета.

11. Расположите действия алгоритма в правильном порядке выполнения.

- a) Анализ и формализация требований к безотказности проектируемого самолета.
- b) Распределение требуемого значения показателя безотказности самолета по его основным системам.
- c) Расчетная оценка безотказности основной системы одновременно с разработкой её структуры и компоновкой.
- d) Сравнение расчетного значения показателя безотказности данной основной системы с заданным по лимиту.
- e) Фиксирование структуры и компоновки системы.
- f) Изменение структуры компоновки системы в направлении улучшения условий работы.
- g) Оценка расчетной безотказности проектируемого самолета.

12. Из предложенных вариантов выбрать один или несколько ответов. Какое из нижеперечисленных последствий классифицирует событие, связанное с эксплуатацией самолета, но не относящееся к авиационным происшествиям:

- разрушение или повреждение с нарушением прочности или изменением летно-технических характеристик;
- ранение или гибель людей;
- гибель находившихся на борту людей после вынужденной посадки самолета от голода, жажды, холода и других причин;
- вынужденная посадка самолета на такой площадке, откуда он не может быть эвакуирован.

13. Простейший способ экспериментальной проверки линейного правила суммирования.

### Практические работы

**Задание 1.** (Реализуется в форме практической подготовки) Вычислить показатели надежности восстанавливаемой дублированной системы с одной ремонтной бригадой.

**Задание 2.** Найти характеристики случайной функции  $X(t)$ :  $M_x$ ,  $K_x$ ,  $D_x$ ,  $M_y$ ,  $K_y$ ,  $D_y$ ,  $K_{xy}$ ,  $M_z$ ,  $K_z$ ,  $K_{xz}$ , где  $Y(t) = \frac{\partial X(t)}{\partial t}$ ,  $Z(t) = \int_0^t X(s)ds$ ,  $X(t) = U \cos t + t^2 V$ ,  $M_U = 1$ ,  $M_V = 2$ ,  $M_{UV} = 4$ ,  $D_U = D_V = 4$ .

**Задание 3.** Дана корреляционная функция стационарной случайной функции  $X(t)$ . Найти  $K_y(\tau)$ ,  $K_z(t_1, t_2)$ ,  $K_{xy}(\tau)$ , где  $Y(t) = \frac{\partial X(t)}{\partial t}$ ,  $Z(t) = \int_0^t X(s)ds$ ,  $K_x(\tau) = 3e^{-|\tau|}$ .

**Задание 4.** Найти спектральную плотность стационарной случайной функции  $X(t)$ , зная ее корреляционную функцию  $K_x(\tau) = 3e^{-5|\tau|}$ .

**Задание 5.** (Реализуется в форме практической подготовки) На вход линейной стационарной динамической системы, описываемой уравнением  $Y''(t) + 2hY'(t) + k^2Y(t) = X(t)$  ( $h > 0, k \geq 0$ ), поступает стационарная случайная функция  $X(t)$  с постоянной спектральной плотностью  $s_0$  (белый шум). Найти спектральную плотность случайной функции  $Y(t)$  на выходе системы в установившемся режиме.

### Практические работы в системе САЕ

Данные задачи выдаются преподавателем по вариантам. Реализуется в форме практической подготовки.

**Задание.** Расчет статистических характеристик напряжений, возникающих в конструкции под действием случайных нагрузок, усталостной прочности конструкции и среднего времени безотказной работы. Модели конструкций имеют отверстие. В центре отверстия определена геометрическая точка для моделирования точки сосредоточенных масс для задания внешнего воздействия. Постановка задачи и разработка модели конструкции выполняется в MSC.Patran. Случайный анализ выполняется в MSC.Nastran с помощью модуля MSC.Random.

### 3.2. Задания для промежуточной аттестации

#### Контрольная работа

Данные задач выдаются преподавателем по вариантам.

**Задание 1.** На испытании находилось  $N_0$  неремонтируемых элементов БРЭО. Число отказов  $n(Dt)$  фиксировалось через каждые 100 ч работы ( $Dt = 100$  ч). Данные об отказах приведены в таблице 4. Требуется вычислить количественные характеристики надежности и построить зависимости характеристик от времени.

Таблица 4 – Данные об отказах

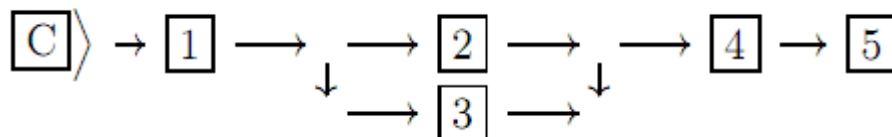
$Dt_i$ , ч	$N(Dt_i)$	$Dt_i$ , ч	$N(Dt_i)$
0 - 100	20	1500 - 1600	4
100 - 200	19	1600 - 1700	4
200 - 300	18	1700 - 1800	4
300 - 400	17	1800 - 1900	2
400 - 500	16	1900 - 2000	2
500 - 600	15	2000 - 2100	2
600 - 700	11	2100 - 2200	2
700 - 800	10	2200 - 2300	3
800 - 900	9	2300 - 2400	4
900 - 1000	8	2400 - 2500	5
1000 - 1100	7	2500 - 2600	6
1100 - 1200	6	2600 - 2700	7
1200 - 1300	5	2700 - 2800	8
1300 - 1400	4	2800 - 2900	9
1400 - 1500	3	2900 - 3000	10

**Задание 2.** Составить уравнение надежности, оценить величины вероятности безотказной работы  $P_T(C)$  и наработки на отказ  $T_{отк}(C)$  для заданного варианта структурной схемы при длительности рабочего цикла  $\tau=1$  час. Интенсивность отказов элементов приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Интенсивность отказов элементов

№ элемента	$\lambda_i(t), \text{ч}^{-1}$
1	0,04
2	0,05
3	0,06
4	0,07
5	0,08
6	0,09

Структурная схема.



**Задание 3.** Найти спектральную плотность стационарной случайной функции  $X(t)$ , зная ее корреляционную функцию  $K_x(\tau) = 3e^{-5|\tau|}$ .

**Задание 4.** Рассматриваются случайные колебания линейной системы с одной степенью свободы с учетом сил сопротивления, пропорциональной скорости. Начальные данные являются случайными величинами с известными вероятностными характеристиками (математическим ожиданием, дисперсией, корреляционным моментом). Требуется

найти вероятностные характеристики решения. Дифференциальное уравнение, описывающее колебания имеет вид:  $y + 2n\dot{y} + p_0^2 y = 0$ , где  $2n = \alpha/m$ ,  $p_0^2 = c/m$ . Известны начальные данные  $m_{y_0}$ ,  $m_{\dot{y}_0}$ ,  $D_{y_0}$ ,  $D_{\dot{y}_0}$ ,  $K_{y_0\dot{y}_0}$ . Для нахождения вероятностных характеристик  $y$ ,  $\dot{y}$ ,  $\ddot{y}$  необходимо использовать правила преобразования характеристик.

