

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая характеристика программы

Цель / задачи программы

Нормативно-правовая база

Объем, форма обучения и сроки освоения

2. Требования к результатам обучения / компетенции слушателей, формируемые в результате освоения программы

3. Содержание программы

Учебный план

Календарный учебный график

Тематический план

Рабочая программа

4. Организационно-педагогические условия реализации программы

5. Материально-техническое обеспечение

6. Учебно-методическое обеспечение

7. Оценка качества освоения программы

1. Общая характеристика программы

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «**Ресурс и живучесть авиационных конструкций**» (далее – Программа) предназначена для научных и инженерно-технических работников, специалистов и аспирантов, работающих в области авиа- и ракетостроения, а также студентов и слушателей авиационных высших учебных заведений.

Программа разработана на основе профессионального стандарта «Специалист по прочностным расчетам авиационных конструкций» (зарегистрировано в Минюсте России, рег. номер 65485 от 20.10.2021. Утверждено приказом Минтруда РФ 15.09.2021 №631н).

Реализация программы направлена на повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации.

В Программе используются основные термины, определения и принятые сокращения:

Программа - дополнительная профессиональная программа повышения квалификации.

Академический час — отрезок времени для занятий, а также мера объёма материала, намечаемого к изучению в течение этого времени; 45 астрономических минут.

Зачет — форма проверки успешного усвоения учебного материала дисциплины (модуля) в ходе лекций, практических, семинарских занятий, самостоятельной работы, выполнения лабораторных работ, а также форма проверки прохождения практик.

Промежуточная аттестация (ПА) - контроль знаний, умений и навыков (компетенций), формируемых дисциплиной (модулем), проводимый в установленной Программой форме.

Итоговая аттестация (ИА) — завершающий этап освоения программы обучения и направлена на установление уровня подготовки.

Учебный план (УП) — документ, определяющий перечень, трудоемкость, последовательность и распределение по периодам обучения дисциплин (модулей), практик, иных видов учебной деятельности.

Цель / задачи программы

Целью программы является повышение квалификации специалистов в области ресурса авиационных конструкций, путем их ознакомления с методами, методиками и с измерительными средствами, применяемыми в современных ресурсных исследованиях.

Упор делается на ознакомление слушателя с приёмами и методикой определения ресурса конструкции самолета, принятыми в ЦАГИ, а также на подготовку к решению практических задач, связанных с проведением ресурсных испытаний.

Для достижения цели Программы, в ходе её освоения решаются следующие задачи:

- Демонстрация связей между нормами летной годности летательных аппаратов и применяемыми методиками расчета усталостной прочности и живучести;
- Объяснение процедуры обоснования и обеспечения ресурса авиационной конструкции;
- Демонстрация объема и последовательности работ при получении расчетных характеристик материалов, применяемых в конструкции планера воздушного судна.
- Обучение решению типовых модельных задач по прогнозированию усталостной прочности и живучести элементов конструкции воздушного судна (ВС).

Нормативно правовая база

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации разработана на основе следующих нормативно-правовых актов:

- Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам, (утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 01.07.2013 N 499);
- Профессиональный стандарт «Специалист по прочностным расчетам авиационных конструкций» (зарегистрировано в Минюсте России, рег. номер 65485 от 20.10.2021. Утверждено приказом Минтруда РФ 15.09.2021 №631н);
- и других действующих нормативно-правовых актов.

Реализация Программы предусмотрена на базе ФАУ «ЦАГИ» в соответствии с Уставом и лицензией.

Объем программы, форма обучения и сроки освоения

Объем (трудоемкость) программы: 32 академических часа.

Продолжительность обучения: 4 недели.

Форма обучения: очная.

Общий нормативный максимальный объем учебной нагрузки обучающихся - 54 академических часа в неделю, включая все виды аудиторной, практической и самостоятельной работы.

Объем нормативный максимальной учебной нагрузки слушателей при обучении по очной очно-заочной формам - 36 академических часов аудиторных занятий в неделю.

Итоги обучения: по окончании проводится итоговая аттестация в виде зачета.

По результатам итоговой аттестации при успешном освоении программы выдается удостоверение повышения квалификации установленного образца.

Требования к результатам обучения / компетенции слушателей, формируемые в результате обучения

Планируемые результаты обучения по программе «Ресурс и живучесть авиационных конструкций»

В результате освоения программы слушатели должны:

знать:

- Основные положения норм летной годности по усталостной прочности и живучести, а также требованиям к расчетным характеристикам материалов;
- Базовые методы оценки усталостной долговечности, скорости роста трещины и остаточной прочности авиационной конструкции;
- Требования основных стандартов испытаний, которые используются при проведении специальной квалификации материалов;
- Основы организации натурных испытаний элементов конструкции ВС.

уметь:

- Самостоятельно оценивать ресурсные характеристики ОСЭ ВС и формировать план обеспечения прочности по критериям ресурса;
- Формировать расчетные схемы для оценки усталостной прочности и живучести элементов конструкции ВС;
- Формировать планы испытаний по специальной квалификации материалов (композиционных/металлических);
- Выбирать стандарты испытаний для получения расчетных характеристик с наименьшим количеством брака и рассеянием;

владеть:

- Теоретическими основами для оценки усталостной прочности и живучести элементов конструкции ВС;
- Стандартными методами испытаний элементарных образцов для получения расчетных характеристик;
- Базовыми навыками обеспечения ресурса ВС.

**Связь программы
«Ресурс и живучесть авиационных конструкций»
с профессиональным стандартом**

Профессиональный стандарт	Обобщенные трудовые функции	Трудовые функции	Уровень квалификации
<p>«Специалист по прочностным расчетам авиационных конструкций» зарегистрировано в Минюсте России, рег. номер 65485 от 20.10.2021.</p> <p>Утверждено приказом Минтруда России от 15.09.2021 №631н</p>	<p>Проведение типовых расчетных работ для обеспечения прочности авиационных конструкций и безопасности ЛА</p>	<p>Расчет элементов конструкций и узлов ЛА на усталостную прочность В/05.5</p> <p>Расчет эксплуатационной живучести элементов конструкций и узлов ЛА В/06.5</p>	<p>5</p>

**Формирование результатов освоения программы
«Ресурс и живучесть авиационных конструкций»
с учетом профессионального стандарта**

<p>Профессиональный стандарт «Специалист по прочностным расчетам авиационных конструкций» зарегистрировано в Минюсте России, рег. номер 65485 от 20.10.2021. Утверждено приказом Минтруда России от 15.09.2021 №631н</p>	<p>ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.04 «Авиастроение» (уровень бакалавра) - Утвержден приказом Минобрнауки России 05.02.2018 № 81 - Зарегистрировано приказом Минюста от 28.02.2018 № 50186</p>	<p align="center">Компетенции</p>
<p align="center">Трудовые функции</p>	<p align="center">Профессиональные задачи</p>	
<p>Расчет элементов конструкций и узлов ЛА на усталостную прочность В/05.5</p> <p>Расчет эксплуатационной живучести элементов конструкций и узлов ЛА В/06.5</p>	<p>Разработка экспериментального оборудования и создание стендов для проведения экспериментов.</p> <p>Проведение экспериментов по заданной методике и анализ результатов экспериментов.</p> <p>Проведение оценки силовой конструкции ВС и формирование плана обеспечения ресурса;</p> <p>Составлять расчетные схемы для оценки усталостной прочности и живучести элементов конструкции ВС;</p> <p>Формирование объема испытаний для специальной квалификации материалов (композиционных/металлических);</p>	<p>Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1);</p> <p>Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности (ОПК-1);</p> <p>Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития авиационной отрасли и техники (ОПК-6).</p>

**Учебный план программы
«Ресурс и живучесть авиационных конструкций»**

№ п/п	Тема / модуль	Виды учебной работы, акад. час.				
		Всего	Лекции	Самостоятельная работа	Промежуточная аттестация	Итоговая аттестация
1.	Документированные и рабочие процедуры СМК утвержденные в ЦАГИ. Охрана труда. Знакомство с программой.	0,5	0,5			
2.	Тема 1. Методы оценки безопасного ресурса элементов планера самолета.	2	1	1		
3.	Тема 2. Основные положения норм по усталостной прочности и живучести.	2	1	1		
4.	Тема 3. Эквивалентность программ нагружения конструкций из полимерных композиционных материалов при натурных ресурсных испытаниях.	2	1	1		
5.	Тема 4. Применение существующей НД по усталостной прочности.	4	2	2		
6.	Промежуточная аттестация.	0,5			0,5	
7.	Тема 5. Расчетные характеристики авиационных конструкций материалов (методы получения).	2,5	1,5	1		
8.	Тема 6. Процедура проведения специальной квалификации.	2	1	1		
9.	Тема 7. Оценка остаточной прочности конструкции с применением R-кривых.	2	1	1		
10.	Тема 8. Основы организации натурных испытаний.	2	1	1		
11.	Промежуточная аттестация.	0,5			0,5	
12.	Тема 9. Эксплуатационная живучесть элементов авиационных конструкций, в том числе:	11,5	5,5	6		
	9.1. Основные понятия. Характеристики эксплуатационной живучести.	3	1	2		
	9.2. Основы механики разрушения. Коэффициент интенсивности напряжений. Остаточная прочность. Длительность роста усталостных трещин.	2	1	1		

№ п/п	Тема / модуль	Виды учебной работы, акад. час.				
		Всего	Лекции	Самостоятель- ная работа	Промежуточная аттестация	Итоговая аттестация
	9.3. Расчет остаточной прочности элементов конструк- ции. Подходы линейной упругой механики разрушения. Метод R-кривых.	2	1	1		
	9.4. Расчет длительности роста усталостных трещин. Эффекты и модели взаимодействия нагрузок на ста- дии роста трещин при нерегулярном нагружении. Усталостные нагрузки, действующие на самолет. Усечение малых и больших нагрузок. Коррозия под напряжением.	3	2	1		
	9.5. Программные средства для расчета характеристик живучести.	1,5	0,5	1		
13.	Итоговая аттестация:	0,5				0,5
	ИТОГО по программе:	32	15,5	15	1	0,5

Примерный календарный учебный график программы «Ресурс и живучесть авиационных конструкций»

Тема / модуль	Последовательность изучения материала				Итого
	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	
Документированные и рабочие процедуры СМК утвержденные в ЦАГИ. Охрана труда. Знакомство с программой.	Л – 0,5				
Тема 1. Методы оценки безопасного ресурса элементов планера самолета.	Л – 1 СР - 1				
Тема 2. Основные положения норм по усталостной прочности и живучести.	Л – 1 СР - 1				
Тема 3. Эквивалентность программ нагружения конструкций из полимерных композиционных материалов при натуральных ресурсных испытаниях.	Л – 1 СР - 1				
Тема 4. Применение существующей НД по усталостной прочности.	Л – 2 СР - 2				
Промежуточная аттестация	ПА – 0,5				
Тема 5. Расчетные характеристики авиационных конструкций материалов (методы получения).		Л – 1,5 СР – 1			
Тема 6. Процедура проведения специальной квалификации.		Л – 1 СР - 1			
Тема 7. Оценка остаточной прочности конструкции с применением R-кривых.		Л – 1 СР - 1			
Тема 8. Основы организации натуральных испытаний.		Л – 1 СР - 1			
Промежуточная аттестация		ПА – 0,5			
Тема 9. Эксплуатационная живучесть элементов авиационных конструкций, в том числе:			Л – 5,5 СР – 6		
9.1. Основные понятия. Характеристики эксплуатационной живучести.			Л – 1 СР – 2		
9.2. Основы механики разрушения. Коэффициент интенсивности напряжений. Остаточная прочность. Длительность роста усталостных трещин.			Л – 1 СР - 1		
9.3. Расчет остаточной прочности элементов конструкции. Подходы линейной упругой механики разрушения. Метод R-кривых.			Л – 1 СР - 1		
9.4. Расчет длительности роста усталостных трещин. Эффекты и модели взаимодействия нагрузок на стадии роста трещин при нерегулярном нагружении. Усталостные нагрузки, действующие на самолет. Усечение малых и больших нагрузок. Коррозия под напряжением.			Л – 2 СР - 1		
9.5. Программные средства для расчета характеристик живучести.			Л – 0,5 СР - 1		
Итоговая аттестация				ИА – 0,5	
Всего (часов)	11	9	11,5	0,5	32

Примечание: применяемые сокращения видов учебных занятий: «Л» - лекция; «СР» - самостоятельная работа; «ПА» - промежуточная аттестация, «ИА» - итоговая аттестация. Цифра после сокращенного названия вида учебного занятия указывает количество отведенных на занятие академических часов.

**Тематический план программы
«Ресурс и живучесть авиационных конструкций»**

№ п/п	Тема / модуль	Кол-во контактных часов
1	Документированные и рабочие процедуры СМК утвержденные в ЦАГИ. Охрана труда. Знакомство с программой.	0,5
2	Тема 1. Методы оценки безопасного ресурса элементов планера самолета. История развития норм по усталостной прочности. Безопасный ресурс Коэффициенты надёжности	1
3	Тема 2. Основные положения норм по усталостной прочности и живучести. Основные этапы расчётной оценки долговечности конструктивных нерегулярностей самолёта Тестовые примеры	1
4	Тема 3. Эквивалентность программ нагружения конструкций из полимерных композиционных материалов при натуральных ресурсных испытаниях. Принципы обоснования эквивалентности для ПКМ. Процедура назначения коэффициентов надёжности для ПКМ. Методика расчёта эквивалентов.	1
5	Тема 4. Применение существующей НД по усталостной прочности.	2
6	Промежуточная аттестация.	0,5
7	Тема 5. Расчетные характеристики авиационных конструкций материалов (методы получения).	1,5
8	Тема 6. Процедура проведения специальной квалификации.	1
9	Тема 7. Оценка остаточной прочности конструкции с применением R-кривых.	1
10	Тема 8. Основы организации натуральных испытаний.	1
11	Промежуточная аттестация.	0,5
12	Тема 9. Эксплуатационная живучесть элементов авиационных конструкций, в том числе:	5,5
	9.1. Основные понятия. Характеристики эксплуатационной живучести.	1
	9.2. Основы механики разрушения.	1
	9.3. Расчет остаточной прочности элементов конструкции.	1
	9.4. Расчет длительности роста усталостных трещин.	2
	9.5. Программные средства для расчета характеристик живучести.	0,5
13	Итоговая аттестация	0,5
	Всего:	15,5

14
12

**Рабочий план по программе
«Ресурс и живучесть авиационных конструкций»**

№ п/п	Тема / модуль	Виды учебной работы, академических часов		
		Всего	Контактная работа обучающихся с руководителем обучения	Самостоятельная работа
1	Документированные и рабочие процедуры СМК утвержденные в ЦАГИ. Охрана труда. Знакомство с программой.	0,5	0,5	
2	Тема 1. Методы оценки безопасного ресурса элементов планера самолета. История развития норм по усталостной прочности. Три подхода обеспечения безопасности летательных аппаратов. Основное отличие подходов безопасного ресурса и эксплуатационной живучести. Возможность и опыт применения подход безопасного ресурса. Связанные с подходом безопасного ресурса пункты МОСа. Принципы назначения коэффициентов надёжности.	1,5	1	1
3	Тема 2. Основные положения норм по усталостной прочности и живучести. Основные этапы расчётной оценки долговечности конструктивных нерегулярностей самолёта Методология формирования перечня ОСЭ Формирование и обработка циклограммы приведённых напряжений. Диаграмма предельных амплитуд. Расчётная кривая усталости. Линейная гипотеза суммирования повреждений. Эффективные коэффициенты концентрации и коэффициенты коррекции. Тестовые примеры.	0,5	1	1
4	Тема 3. Эквивалентность программ нагружения конструкций из полимерных композиционных материалов при натурных ресурсных испытаниях. Понятие к эквивалентности для ПКМ. Проблема обоснования ПКМ с большим наклоном кривой усталости. Типовая программа получения расчётных характеристик. Процедура назначения коэффициентов надёжности. Методика расчёта эквивалентов.	1,5	1	1

№ п/п	Тема / модуль	Виды учебной работы, академических часов		
		Всего	Контактная работа обучающихся с руководителем обучения	Самостоятельная работа
5	Тема 4. Применение существующей НД по усталостной прочности. Ответы по вопросам о существующей НД по усталостной прочности.	0,5	2	2
6	Промежуточная аттестация.	0,5	0,5	
7	Тема 5. Расчетные характеристики авиационных конструкций материалов (методы получения).	1,5	1,5	1
8	Тема 6. Процедура проведения специальной квалификации.	1	1	1
9	Тема 7. Оценка остаточной прочности конструкции с применением R-кривых.	1	1	1
10	Тема 8. Основы организации натуральных испытаний.	1	1	1
11	Промежуточная аттестация.	0,5	0,5	
12	Тема 9. Эксплуатационная живучесть элементов авиационных конструкций, в том числе:	0,5	5,5	6
	9.1. Основные понятия. Характеристики эксплуатационной живучести.	0,5	1	2
	9.2. Основы механики разрушения. Коэффициент интенсивности напряжений. Остаточная прочность. Длительность роста усталостных трещин.	0,5	1	1
	9.3. Расчет остаточной прочности элементов конструкции. Подходы линейной упругой механики разрушения. Метод R-кривых.	0,5	1	1
	9.4. Расчет длительности роста усталостных трещин. Эффекты и модели взаимодействия нагрузок на стадии роста трещин при нерегулярном нагружении. Усталостные нагрузки, действующие на самолет. Усечение малых и больших нагрузок. Коррозия под напряжением.	0,5	2	1
	9.5. Программные средства для расчета характеристик живучести.	1,5	0,5	1
13	Итоговая аттестация	0,5	0,5	
	Общий объем, часов	32	17	15

4. Организационно-педагогические условия реализации программы

Образовательный процесс осуществляется на основе учебного плана.

Кадровое обеспечение образовательной программы строится на основе оптимального сочетания практического и научно-педагогического опыта руководителей обучения.

Реализация дополнительной образовательной программы обеспечена научно-педагогическими кадрами, имеющими базовое образование, соответствующее профилю преподаваемого учебного материала, занимающимися педагогической, научной, научно-методической и / или практической деятельностью по профилю преподаваемой дисциплины.

Для чтения лекций привлекаются ведущие ученые, а также квалифицированные специалисты ФАУ «ЦАГИ».

Обучение по программе организуется путем проведения лекционных занятий, самостоятельной работы слушателей и итоговой аттестации. Реализация программы предполагает применение технических средств обучения (компьютерных).

При проведении лекционных занятий руководитель обучения регламентирует темп изложения учебного материала, который позволяет слушателям при необходимости производить записи. При необходимости слушатели могут получить у руководителя обучения учебный материал в электронном виде.

Программой предусматривается самостоятельная работа, которая имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, поиск и приобретение новых знаний.

5. Материально-техническое обеспечение

ФАУ «ЦАГИ» обладает необходимой современной материально-технической базой для организации учебного процесса. Все помещения, задействованные для организации и проведения обучения, соответствуют требованиям санитарно-эпидемиологических стандартов и обязательным противопожарным нормам. В учебных аудиториях и офисных помещениях есть централизованное отопление, системы водоснабжения и канализации.

Учебная аудитория.

Компьютер с доступом в Интернет для работы с онлайн ресурсом.

Доступ к онлайн ресурсу, размещение образовательного контента для образовательных программ.

При наличии решения руководителя обучения, технические условия расширяются до:

1. Ноутбук, мультимедиа-проектор, экран, веб камера;
2. Магнитномаркерная доска, маркеры, мультимедийные технологии.

6. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. ОАК, Справочник «Расчетные характеристики метиаллических материалов и полуфабрикатов», Выпуск 4, 2012 г.;
2. FAA, «Material Qualification and Equivalency for Polymer Matrix Composite Material Systems», DOT/FAA/AR-00/47, 2001 г.
3. FAA, Metallic Material Properties Development and Standardization (MMPDS), USA, 2006 г.
4. Вейбулл В.А. Усталостные испытания и анализ их результатов. М.: Машиностроение, 1964
5. Дементьев А.Д. Автоматизированная система расчета живучести авиаконструкций "Алтай" для Windows. Полет. 2013. №4. С. 26-30.
6. Брок Д. Основы механики разрушения. М: Высшая школа, 1980. 368 с.
7. Broek D. The practical use of fracture mechanics. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. 522 p.
8. Дементьев А.Д. Применение R-кривых для расчёта остаточной прочности. Вестник машиностроения. 2010. №7. С. 19-21.

Дополнительная литература:

1. Мураками Ю. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений. М.: Мир, 1990. 1013 с.
2. Саврук М.П. Коэффициенты интенсивности напряжений в телах с трещинами. Механика разрушения и прочность материалов, т.2. Киев: Наукова думка, 1988. 619 с.

7. Оценка качества освоения программы

Контроль результатов освоения учебного материала программы осуществляется в форме итоговой аттестации и служит формой проверки усвоения слушателями учебного материала программы. Для успешной сдачи зачёта необходимо продемонстрировать усвоение основных понятий и принципов программы.

Итоговая аттестация проводится в форме зачета (в устной форме), что позволяет проверить качество изученного материала программы.

Успешная сдача зачетов требует систематической и организованной подготовки, в том числе активной самостоятельной работы.

Проводится руководителем (руководителями) обучения, который (которые) непосредственно проводил (проводили) учебные занятия со слушателями.

Показатели и критерии оценки результатов освоения программы:

Оценивание проводится по шкале «зачтено» и «не зачтено».

Оценка «зачтено» ставится, если слушатель дал осмысленный ответ, полный по содержанию, иногда требующий лишь незначительных уточнений и дополнений, которые слушатель может сделать самостоятельно после наводящих вопросов. Дополнительные вопросы могут вызывать затруднения, однако, слушатель понимает основные положения учебного материала, оперирует основными понятиями дисциплины/модуля.

Оценка «не зачтено» ставится, если слушатель не может изложить содержание изученного материала, не знает основных понятий дисциплины/модуля, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы.

**Контрольные вопросы к промежуточным аттестациям,
итоговой аттестации по результатам обучения по дополнительной
профессиональной программе повышения квалификации
«Ресурс и живучесть авиационных конструкций»**

1. Опишите последовательность шагов необходимых для формирования программы специальной квалификации материала
2. Какие основные нормативные документы регламентируют процедуру внедрения нового материала в силовую конструкцию ВС
3. Сформируйте минимальный объем испытаний для получения расчетных характеристик металлического материала
4. Сформируйте минимальный объем испытаний для получения расчетных характеристик композиционного материала
5. В чем заключается особенность оценки остаточной прочности конструкции с применением R-кривых. Назовите основные этапы испытания при получении R-кривой.
6. Характеристики эксплуатационной живучести.
7. Коэффициент интенсивности напряжений. Остаточная прочность. Длительность роста усталостных трещин.
8. Методы расчета остаточной прочности элементов конструкции.
9. Метод R-кривых.
10. Методы расчета длительности роста усталостных трещин. Эффекты и модели взаимодействия нагрузок на стадии роста трещин при нерегулярном нагружении.
11. Усталостные нагрузки, действующие на самолет. Усечение малых и больших нагрузок.
12. Коррозия под напряжением.