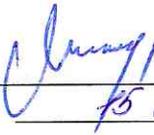
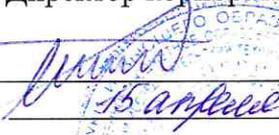


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ»
(КНИТУ – КАИ)

СОГЛАСОВАНО:
Директор ПИШ КАИ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор корпоративного института


Шабалин Л.П.
15 апреля 2024 г.


Гимбоцкий А.В.
15 апреля 2024 г.



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«Курс повышения квалификации по расчету на прочность композиционных материалов.
Основы конечно-элементного моделирования в специализированном расчетно-
программном комплексе»

1. Основные характеристики программы

Соответствие профессиональным стандартам	Программа составлена с учетом профстандарта «Специалист в области расчета и проектирования конструкций из полимерных и композиционных материалов», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 19.04.2022 №221н
Соответствие квалификационным требованиям	Программа составлена с учетом приказа Минздравсоцразвития РФ от 11.01.2011 N 1н «Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих», раздел «Квалификационные характеристики должностей работников, занятых в научно-исследовательских учреждениях, конструкторских, технологических, проектных и изыскательских организациях»
Категория слушателей	Работники конструкторских отделов предприятий композитного производства
Срок обучения	36 часов
Форма обучения	очная, с полным отрывом от производства

Программа дополнительного профессионального образования разработана и реализуется в рамках федерального проекта «Передовые инженерные школы. Комплексная авиационная инженерия».

2. Цель реализации программы:

Целью программы является формирование у слушателей знаний в области прочности полимерных композиционных материалов и особенностей расчета композитных конструкций методом конечных элементов, применения различных критериев прочности, заложенных в расчётный комплекс и оценки результатов прочностного расчёта.

3. Требования к результатам обучения

Слушатель, освоивший программу, должен:

2.1. Обладать следующими компетенциями:

- формирование конструктивной системы и расчетной схемы конструкций и их элементов, выполненных с применением композиционных полимерных материалов;
- сбор нагрузок и воздействий для выполнения расчетов конструкций из полимерных и композиционных материалов;
- выполнение расчетов конструкций из полимерных композиционных материалов в программном комплексе и анализ полученных расчетных данных;
- анализ прочности конструкций из полимерных композиционных материалов;
- оформление расчетов конструкций из полимерных и композиционных материалов;
- готовность применять инженерные знания для разработки и реализации проектов,

удовлетворяющих заданным требованиям, в том числе требованиям экономической эффективности, технической и экологической безопасности;

- способность использовать в профессиональной деятельности современные компьютерные и информационные технологии.

2.2. Знать:

- тенденции развития ПКМ и технологий производства изделий из ПКМ;
- профессиональные компьютерные программные средства для выполнения расчетов конструкций из полимерных композиционных материалов;
- особенности анализа прочности конструкций из ПКМ;
- методы расчета на прочность конструкций из полимерных композиционных материалов;
- основные критерии разрушения полимерных композиционных материалов при расчете композиционных пластин и оболочек.

2.3. Уметь:

- применять методы расчета на прочность конструкций из полимерных композиционных материалов
- составлять расчетные схемы для расчета конструкций из полимерных композиционных материалов.
- выполнять аналитические расчеты конструкций из полимерных композиционных материалов
- применять специализированный программный комплекс для расчета конструкций из полимерных композиционных материалов.

2.4. Владеть:

- знаниями в области композитных технологий и тенденций их развития;
- методами расчета на прочность конструкций из полимерных композиционных материалов;
- навыками использования специализированного программного комплекса для расчета конструкций из полимерных композиционных материалов.

4. Содержание программы

Календарный учебный график

Образовательный процесс по программе может осуществляться в течение всего календарного года.

Форма обучения	Ауд. часов в день	Общая продолжительность программы (дней, недель, месяцев)
очная	6-8	1 неделя

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

программы повышения квалификации

«Курс повышения квалификации по расчету на прочность композиционных материалов.

Основы конечно-элементного моделирования в специализированном расчетно-программном комплексе»

№	Наименование разделов, дисциплин и тем	Всего часов	В том числе			Форма контроля
			Лекции	Практические и лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
1	2	3	4	5	6	7
1	Модуль 1. «Основы прочности полимерных композиционных материалов»	8	7	1	-	-
	Тема 1. Прочность и предельные состояния композитов	2	2	-	-	-
	Тема 2. Прочность тонкостенных конструкций из композитов	2	2	-	-	-
	Тема 3. Особенности расчета композитных конструкций методом конечных элементов. Элементарные и конструктивно-подобные образцы	2	2	-	-	-
	Тема 4. Критерии прочности КМ	2	1	1	-	-
2	Модуль 2 «Расчет композитных конструкций методом конечных элементов»	24	6	18	-	-
	Тема 1. Построение конечно-элементной модели. Сеточная сходимость.	3	1	2	-	-
	Тема 2. Доработка исходной САД-модели композитной конструкции	3	1	2	-	-
	Тема 3. Построение модели композитного материала в препроцессоре	5	1	4	-	-
	Тема 4. Обработка результатов в постпроцессоре	3	1	2	-	-
	Тема 5. Контактное взаимодействие и прочность в зоне контакта	2	2	-	-	-

Тема 6. Проведение цикла прочностных расчетов	8	-	8	-	-
Аттестация по практической части	4	-	-	-	4
Итого:	36	13	19	-	4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

программы повышения квалификации

«Курс повышения квалификации по расчету на прочность композиционных материалов. Основы конечно-элементного моделирования в специализированном расчетно-программном комплексе»

Раздел 1. Основы прочности полимерных композиционных материалов (8 ч.)

1. Прочность и предельные состояния композитов
 - Основные подходы оценки прочности ПКМ.
 - Характеристики монослоя, вычисление механических эффективных характеристик пакета слоев.
 - Проведение испытаний для определения характеристик. Влияние коэффициента наполнения, качества изготовления и механической обработки образцов.
 - Digimat ячейка периодичности как инструмент определения эффективных характеристик.
 - Цифровой паспорт материала.
 - Запас прочности.
 - Модель накопления повреждений.
2. Прочность тонкостенных конструкций из композитов.
 - Цель анализа НДС.
 - Проект расчета статического НДС. Связи.
 - Подготовка геометрических моделей композитной конструкции.
 - Расчетная модель композитной конструкции.
 - Методика построения модели ACP-PRE от монослоя до пакета слоев зон выкладки.
 - Построение расчетной модели, граничные условия, контакты.
 - Анализ НДС конструкции, напряжения деформации.
 - Векторы главных напряжений, оптимизация армирования по векторам.
3. Особенности расчета композитных конструкций методом конечных элементов. Элементарные и конструктивно-подобные образцы.
 - Оценка прочности композиционного материала при действии механических нагрузок.
 - Накопление повреждений для оценки прогрессивного разрушения.
 - Анализ потери устойчивости в линейной постановке.
 - Анализ потери устойчивости в нелинейной постановке.
 - Оценка прочности композиционного материала при термомодеформировании.
 - Прочность механических соединений.
 - Прочность клеевых соединений.
 - Прочность клее-механических соединений.
 - Определение рациональных параметров соединения.
4. Критерии прочности КМ.
 - Критерий Ханкинсона.
 - Критерий Хоффмана.
 - Критерий Коуина.
 - Критерий Цай-Хилла (Хилла-Мизеса).
 - Критерий максимальных напряжений.

— Простой критерий Пака.

Раздел 2. Расчет композитных конструкций методом конечных элементов (24 ч.)

1. Построение конечно-элементной модели. Сеточная сходимость.
 - Подготовка рабочего поля.
 - Построение геометрической модели.
 - Задание характеристик материала.
 - Построение КЭ модели, задание граничных условий, проведение расчетов и анализ результатов.
 - Модификация расчетной геометрии и КЭ модели.
2. Доработка исходной САД-модели композитной конструкции.
 - Подготовка рабочего поля.
 - Построение геометрической модели, удаление геометрии (поверхностей).
 - Формирования оболочечной модели композитной детали.
 - Формирования оболочечной модели для обрезки.
 - Редактирование оболочечной модели композитной детали.
 - Формирование именных групп.
 - Создание новых систем координат.
3. Построение модели композитного материала в препроцессоре
 - Построение моделей материалов.
 - Построение расчетной сетки.
 - Моделирование укладки композита.
 - Задание граничных условий и контактов.
4. Обработка результатов в постпроцессоре
5. Контактное взаимодействие и прочность в зоне контакта
 - Расчет болтового соединения
6. Проведение цикла прочностных расчетов
 - Моделирование композитной балки и ее оптимизация.
 - Топологическая оптимизация пластины.

Перечень практических и лабораторных занятий

Раздел	Номер темы	Наименование практического или лабораторного занятия	Кол-во часов
1	2	3	4
1	4	Расчет значения функции разрушения и коэффициента запаса прочности для монослоя композиционного материала, армированного под углом θ , с использованием различных критериев.	1
2	1	Расчет гибридной насосной штанги, состоящей из стеклопластиковой штанги и металлических наконечников по её концам на клеевом соединении.	2
	2	Подготовка исходной геометрической модели X-фиттинга к проведению расчетов на сдвиг.	2
	3	Определение запасов прочности и перемещения композитного тела X-фиттинга при воздействии сдвигового усилия.	4
	4	Вывод результатов и их обработка в постпроцессоре.	2
	6	Моделирование композитной балки и ее оптимизация.	4
Топологическая оптимизация пластины.		4	

5. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий (адрес)	Вид занятий	Наименование оборудования/программного обеспечения
1	2	3
Аудитория 405а/3 уч. зд. ул. Толстого,15	Лекции	Компьютер, телевизор для демонстрации презентаций
Аудитория 206/3 уч. зд. ул. Толстого,15	Лекции Практические занятия	Компьютер, телевизор для демонстрации презентаций

Практические занятия проводятся на территории КНИТУ-КАИ с использованием материально-технической базы Центра композитных технологий.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

6.1 Основная и дополнительная учебная литература

1. Niu M.C.Y. Composite Airframe Structures. Third Edition. Hong Kong Conmilit Press Ltd., 2010. 500 p.

2. Справочник по композиционным материалам: В 2 кн. / Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. Под ред. Б.Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988.

3. Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 347 с.

4. Максименко В.Н., Олегин И.П., Пустовой Н.В. Методы расчета на прочность и жесткость элементов конструкций из композитов: учебник для вузов. – Н.: Изд-во НГТУ, 2015. – 424 с.

5. Трофимов Н. Н., Канович М. З. Прочность и надежность композитов. – М.: Наука, 2014. – 420 с.

6. Кербер М. Л. и др. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. Учебное пособие (5-е испр. изд./под ред. А.А. Берлина). – СПб.: ЦОП «Профессия», 2018. – 624 с. (с грифом УМО).

7. Бруйка В.А., Фокин В.Г., Солдесова Е.А., Глазумнова Н.А., Адеянов И.Е. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учебное пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010 – 271 с.

8. Бруйка В.А., Фокин В.Г., Кураева Я.В. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учебное пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013 – 149 с.

9. Гришин В.И., Дзюба А.С., Дударьков Ю.И. Прочность и устойчивость элементов и соединений авиационных конструкций из композитов. – М.: Издательство физико-математической литература, 2013. – 272 с.

6.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Халиулин В.И. Технология производства изделий из композитов: технология интегральных конструкций: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.И. Халиулин, В.В. Батраков. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2018. – URL: ЭБС КНИТУ-КАИ [сайт]. - <http://elibs.kai.ru/docs/file/824665/HTML/index.html> (дата обращения: 20.03.2024). - Текст электронный. Режим доступа: свободный.

2. Baker A. Composite Materials for Aircraft Structures, Second Edition [Электронный ресурс] /A. Baker, S. Duton, D. Kelly. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004. – URL: <https://www.twirpx.org/file/852179/> (дата обращения:

20.03.2024). Режим доступа: свободный.

3. Niu M. C.-Y. Composite Airframe Structures. Third Edition [Электронный ресурс]/ M. C.-Y. Niu. Hong Kong: Hong Kong Connilit Press Ltd., 2010. – URL: <https://www.twirpx.org/file/1111267/> (дата обращения: 20.03.2024). Режим доступа: свободный.

4. Халиулин В.И. Технология производства композитных изделий: учебное пособие [Электронный ресурс] /В.И. Халиулин, И.И. Шапаев. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2004. – URL: ЭБС КНИТУ-КАИ [сайт]. – http://jirbis.library.kai.ru/docs_file/775636/HTML/index.html (дата обращения: 20.03.2024). - Текст электронный. Режим доступа: свободный.

6.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательных процессов по программе

1. Сайт «Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования».
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru>
3. Сайт КНИТУ-КАИ.
4. Сайт Центра композитных технологий (ЦКТ) <http://www.cct-kai.com>

7. Оценка качества освоения программы

Итоговая аттестация проходит в форме выполнения следующего практического задания:

- определить предельную разрушающую нагрузку композитной детали с применением метода конечных элементов и используя модель материала с накоплением повреждений;
- вывести эпюры статуса разрушения.

Такая форма проведения аттестации дает возможность слушателям программы повышения квалификации продемонстрировать полученные в ходе обучения знания на практике для решения реальной задачи.

Окончательная оценка качества освоения программы выражается в зачетении или не зачетении. Слушатель получает оценку «зачтено» в случае верного выполнения полученного задания. Слушатель считается аттестованным, если имеет оценку «зачтено».

8. Кадровые условия реализации программы

В реализации программы принимают участие преподаватели кафедры Производства летательных аппаратов КНИТУ-КАИ.

9. Разработчики и составители программы

Пузырецкий Евгений Александрович, ассистент каф. ПЛА
Савинов Дмитрий Вадимович, инженер НОЦ «ЦКТ» - НИЛ №6