

**КОРПОРАТИВНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ
ФАУ «ЦАГИ»**



«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник управления персоналом

О.А. Власова

20 24 г.

**Дополнительная профессиональная программа
повышения квалификации
«Abaqus для конструкторов»**

г. Жуковский

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая характеристика программы
 - Цель / задачи программы
 - Нормативно-правовая база
 - Объем, форма обучения и сроки освоения
2. Требования к результатам обучения / компетенции обучающихся, 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 «**Abaqus для конструкторов**» (далее – Программа) предназначена для инженерно-технических работников, конструкторов, специалистов и аспирантов, работающих в области проектирования, в том числе в авиа- и ракетостроении, а также студентов и слушателей соответствующих технических высших учебных заведений.

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 проектированию и конструированию авиационной техники» (утв. Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 21 октября 2021 № 753н).
- и других действующих нормативно-правовых актов.

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

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

В Программе используются основные термины, определения и принятые сокращения:

Программа – структурированный план, который определяет цели, содержание, методы и средства обучения для достижения определенных результатов.

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

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

Самостоятельная работа – индивидуальная работа с литературой, программным обеспечением и измерительными приборами.

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

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

Практические занятия — работа, осуществляемая в учебной аудитории под руководством руководителя обучения, направленная на углубление знаний и овладение определёнными навыками. Практические занятия связаны с решением различных прикладных задач, которые рассматривались в теории.

Цель / задачи программы

Целью Программы является повышение квалификации специалистов в области конечно-элементного моделирования для расчётов конструкций на прочность.

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

- Подготовка расчётной модели в препроцессоре;
- Анализ результатов расчётной модели в постпроцессоре;
- Построение графиков силы реакции и перемещений;
- Статический расчёт металлических и композитных конструкций.

Нормативно правовая база

Программа разработана на основе следующих нормативно-правовых актов:

- Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказом Министерства образования и науки РФ от 01.07.2013 N 499 «Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;
- Профессиональный стандарт «Специалист по проектированию и конструированию авиационной техники»;
- 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: 111 академических часов.

Форма обучения: очная (с отрывом от работы).

Продолжительность обучения: 9 недель.

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

Объем нормативной максимальной учебной нагрузки обучающихся 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 обучающихся, формируемые в результате обучения

Планируемые результаты обучения

В результате освоения Программы обучающиеся должны:

знать:

- методику расчёта напряжений и деформаций изотропных конструкций в среде Abaqus;
- методику расчёта напряжений и деформаций анизотропных конструкций в среде Abaqus.

уметь:

- выполнять прочностные расчёты методами конечных элементов на основе спроектированных или готовых математических моделей в среде Abaqus;
- исследовать поведение конструкции при различных техниках моделирования в среде Abaqus.

владеть:

- навыками построения конечно-элементной модели;
- навыками анализа результатов расчёта конечно-элементной модели.

**Связь Программы
с профессиональным стандартом**

Профессиональный стандарт	Обобщенные трудовые функции	Трудовые функции	Уровень квалификации
Профессиональный стандарт «Специалист по проектированию и конструированию авиационной техники» (утв. Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 21 октября 2021 № 753н)	Проведение проектных работ по разработке АТ	Разработка компоновочных схем АТ и их электронных моделей.	6
	Проведение проектных работ по разработке АТ	Определение проектных параметров АТ.	6
		Определение КСС АТ на основе полученных проектных параметров.	
		Разработка рабочей КД, электронного макета АТ и ее составных частей.	
	Проведение конструкторских работ по разработке АТ	Разработка ответственных деталей и агрегатов каркаса АТ и их электронных моделей.	6
		Разработка материалов для руководств летной, эксплуатационной и ремонтной документации (РЭ, РО, РЛЭ, РД).	
		Проведение расчетов ЛТХ АТ, их анализ и проверка	
	Проведение расчетных работ по разработке АТ	Расчет и контроль массово-инерционных и центровочных характеристик АТ, ее систем и агрегатов.	6
		Разработка расчетных материалов для ТП проекта АТ, ее модернизации или модификации.	
		Разработка расчетных материалов для аванпроекта, эскизного проекта, макета и технического проекта АТ, ее модернизации или модификации.	
Проведение имитационного моделирования.			
Разработка программ натуральных экспериментов и контроль их проведения на моделях и специализированных стендах.			

Формирование результатов освоения Программы с учетом профессионального стандарта

<p>Профессиональный стандарт «Специалист по проектированию и конструированию авиационной техники» (утв. Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 21 октября 2021 № 753н)</p>	<p>ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.04 «Авиационное строительство» (уровень бакалавра) - Утвержден приказом Минобрнауки России 05.02.2018 № 81 - Зарегистрировано приказом Минюста от 28.02.2018 № 50186</p>	<p>Компетенции</p>
<p>Трудовые функции</p>	<p>Профессиональные задачи</p>	
<p>Разработка компоновочных схем АТ и их электронных моделей.</p>	<p>Решение задач профессиональной деятельности следующих типов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проектно-конструкторский; - расчетно-проектный; - производственно-технологический; - экспериментально-исследовательский. 	<p>Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1); Способен применять естественно-научные и общетеchnические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности (ОПК-1); Способен использовать современные информационные технологии для решения типовых задач по проектированию, конструированию и производству объектов профессиональной деятельности (ОПК-2) Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники (ОПК-5); Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития авиационной отрасли и техники (ОПК-6).</p>
<p>Определение проектных параметров АТ.</p>		
<p>Определение КСС АТ на основе полученных проектных параметров.</p>		
<p>Разработка рабочей КД, электронного макета АТ и ее составных частей.</p>		
<p>Разработка ответственных деталей и агрегатов каркаса АТ и их электронных моделей.</p>		
<p>Разработка материалов для руководств летной, эксплуатационной и ремонтной документации (РЭ, РО, РЛЭ, РД).</p>		
<p>Проведение расчетов ЛТХ АТ, их анализ и проверка.</p>		
<p>Расчет и контроль массово-инерционных и центровочных характеристик АТ, ее систем и агрегатов.</p>		
<p>Разработка расчетных материалов для ТП проекта АТ, ее модернизации или модификации.</p>		
<p>Разработка расчетных материалов для аванпроекта, эскизного проекта, макета и технического проекта АТ, ее модернизации или модификации.</p>		
<p>Проведение имитационного моделирования.</p>		
<p>Разработка программ натуральных экспериментов и контроль их проведения на моделях и специализированных стендах.</p>		

3. Содержание Программы

Учебный план

№ п/п	Наименование темы / модуля	Виды учебной работы, акад. час.				
		Всего	Контактная работа обучающихся с руководителем обучения			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Итоговая аттестация	
1.	Знакомство с программой, документами СМК, утвержденными в Институте	1	1	-	-	-
2.	Тема 1. Объяснение концепции курса как цепочки проектирования	2,5	2	-	-	0,5
3.	Тема 2. Демонстрация возможностей комплекса	2,5	2	-	-	0,5
4.	Тема 3. Знакомство с интерфейсом	3,5	3	-	-	0,5
5.	Тема 4. Изучение основного алгоритма создания модели	4,5	2	2	-	0,5
6.	Тема 5. Работа с геометрическими моделями в Abaqus	2,5	2	-	-	0,5
7.	Тема 6. Работа с геометрическими моделями, созданными не в Abaqus	3,5	1	2	-	0,5
8.	Тема 7. Материалы и свойства сечений	1,5	1	-	-	0,5
9.	Тема 8. Сборки в Abaqus	4,5	2	2	-	0,5
10.	Тема 9. Расчётные шаги, выходные данные, нагрузки и граничные условия	4,5	2	2	-	0,5
11.	Тема 10. Создание сетки на импортированных и родственных геометрических моделях	5,5	3	2	-	0,5
12.	Тема 11. Управление заданиями на расчёт и визуализация результатов	4,5	2	2	-	0,5
13.	Тема 12. Линейный статический анализ	3,5	2	1	-	0,5

№ п/п	Наименование темы / модуля	Виды учебной работы, акад. час.				
		Всего	Контактная работа обучающихся с руководителем обуче- ния			Самостоятельная ра- бота
			Лекции	Практиче- ские занятия	Итоговая аттестация	
14.	Тема 13. Учет нелинейности материала и геометрии	3,5	2	1	-	0,5
15.	Тема 14. Многошаговый анализ в Abaqus	4,5	2	2	-	0,5
16.	Тема 15. Ограничения и связи в моделях Abaqus	4,5	2	2	-	0,5
17.	Тема 16. Контактные задачи	5,5	3	2	-	0,5
18.	Тема 17. Подходы к расчёту болтовых соединений	12,5	4	8	-	0,5
19.	Тема 18. Моделирование композитов	18,5	6	12	-	0,5
20.	Тема 19. Подход Global-Local	10,5	4	6	-	0,5
21.	Тема 20. Работа с ошибками и документацией	3,5	3	-	-	0,5
22.	Итоговая аттестация:	4	-	-	4	-
	ИТОГО:	111	51	46	4	10

Примерный календарный учебный график Программы

Тема / модуль	Последовательность изучения материала									Итого ак. ч.
	1 нед.	2 нед.	3 нед.	4 нед.	5 нед.	6 нед.	7 нед.	8 нед.	9 нед.	
Знакомство с программой, документами СМК, утвержденными в Институте	Л - 1									1
Тема 1	Л - 2 СР-0,5									2,5
Тема 2	Л - 2 СР-0,5									2,5
Тема 3	Л - 3 СР-0,5									3,5
Тема 4	Л - 2 ПЗ - 2 СР - 0,5									4,5
Тема 5		Л - 2 СР - 0,5								2,5
Тема 6		Л - 1 ПЗ - 2 СР - 0,5								3,5
Тема 7		Л - 1 СР - 0,5								1,5
Тема 8		Л - 2 ПЗ - 2 СР - 0,5								4,5
Тема 9			Л - 2 ПЗ - 2 СР - 0,5							4,5
Тема 10			Л - 3 ПЗ - 2 СР - 0,5							5,5

Тема 11			Л - 2 СР - 0,5	ПЗ - 2						4,5
Тема 12				Л - 2 ПЗ - 1 СР - 0,5						3,5
Тема 13				Л - 2 ПЗ - 1 СР - 0,5						3,5
Тема 14				Л - 2 СР - 0,5 ПЗ - 2						4,5
Тема 15					Л - 2 ПЗ - 2 СР - 0,5					4,5
Тема 16					Л - 3 ПЗ - 2 СР - 0,5					5,5
Тема 17						Л - 4 ПЗ - 8 СР - 0,5				12,5
Тема 18							Л - 6 ПЗ - 6 СР - 0,5	ПЗ - 6		18,5
Тема 19							Л - 4 ПЗ - 2 СР - 0,5	ПЗ - 4		10,5
Тема 20								Л - 3 СР - 0,5		3,5
Итоговая аттестация								ИА - 4		4
Всего (часов)	14	12	12,5	13,5	10	12,5	12,5	12,5	11,5	111

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

Тематический план Программы

№ п/п	Темы / модуля	Кол-во acad. часов				
		Всего	Контактная работа обучающихся с руководителем обучения			Самостоятельная работа
			Лекции	Практика	Итоговая аттестация	
1.	Знакомство с программой, документами СМК, утвержденными в Институте	1	1	-	-	-
2.	Тема 1. Объяснение концепции курса как цепочки проектирования	2,5	2	-	-	0,5
3.	Тема 2. Демонстрация возможностей комплекса	2,5	2	-	-	0,5
4.	Тема 3. Знакомство с интерфейсом	3,5	3	-	-	0,5
5.	Тема 4. Изучение основного алгоритма создания модели	4,5	2	2	-	0,5
6.	Тема 5. Работа с геометрическими моделями в Abaqus	2,5	2	-	-	0,5
7.	Тема 6. Работа с геометрическими моделями, созданными не в Abaqus	3,5	1	2	-	0,5
8.	Тема 7. Материалы и свойства сечений	1,5	1	-	-	0,5
9.	Тема 8. Сборки в Abaqus	4,5	2	2	-	0,5
10.	Тема 9. Расчётные шаги, выходные данные, нагрузки и граничные условия	4,5	2	2	-	0,5
11.	Тема 10. Создание сетки на импортированных и родственных геометрических моделях	5,5	3	2	-	0,5
12.	Тема 11. Управление заданиями на расчёт и визуализация результатов	4,5	2	2	-	0,5
13.	Тема 12. Линейный статический анализ	3,5	2	1	-	0,5
14.	Тема 13. Учет нелинейности материала и геометрии	3,5	2	1	-	0,5
15.	Тема 14. Многошаговый анализ в Abaqus	4,5	2	2	-	0,5
16.	Тема 15. Ограничения и связи в моделях Abaqus	4,5	2	2	-	0,5
17.	Тема 16. Контактные задачи	5,5	3	2	-	0,5

18.	Тема 17. Подходы к расчёту болтовых соединений	12,5	4	8	-	0,5
19.	Тема 18. Моделирование композитов	18,5	6	12	-	0,5
20.	Тема 19. Подход Global-Local	10,5	4	6	-	0,5
21.	Тема 20. Работа с ошибками и документацией	3,5	3	-	-	0,5
22.	Итоговая аттестация:	4	-	-	4	-
	ИТОГО:	111	51	46	4	10

Рабочий план по Программе
Знакомство с программой, документами СМК, утвержденными
в Институте.

Ознакомление с Уставом ФАУ «ЦАГИ», Лицензией на осуществление образовательной деятельности, П СМК 23-2024 «Положение о порядке организации и осуществления образовательной деятельности в корпоративном университете управления персоналом ФГУП «ЦАГИ» и другими локальными актами, в том числе размещенными на univer.tsagi.ru

Тема № 1.

Объяснение концепции курса как цепочки проектирования

Классическое проектирование – аналитический расчёт, чертёж.

Создание 3Д модели.

Поверочный расчёт напряжений и деформации в Abaqus.

Тема № 2.

Демонстрация возможностей комплекса

Демонстрация возможностей программного комплекса на примере видеоролика с решаемыми в Abaqus задачами (всего 17 задач из различных областей инженерии).

Тема № 3.

Знакомство с интерфейсом

Рабочее окно программы, дерево модели.

Тема № 4.

Изучение основного алгоритма создания модели

Краткое описание алгоритма построения расчётной модели: импорт геометрии, задание свойств материала, построение сетки и т.д.

Тема № 5.

Работа с геометрическими моделями в Abaqus

Модуль работы с чертежами. Правила создания геометрически моделей. Инструменты создания геометрических моделей.

Тема № 6.

Работа с геометрическими моделями, созданными не в Abaqus

Различия между моделями, созданными в программном комплексе, и импортированными извне. Импортирование сторонних геометрических моделей. Инструменты для работы с импортированной геометрией. Исправления ошибочной геометрии.

Тема № 7.

Материалы и свойства сечений

Задание свойств материалов в программном комплексе. Задание профилей и сечений деталей. Модели материалов в программном комплексе.

Тема № 8.

Сборки в Abaqus

Работа с модулем сборки. Особенности использования деталей в сборке. Инструменты по работе со сборками.

Тема № 9.

Расчётные шаги, выходные данные, нагрузки и граничные условия

Задание типов расчёта в программном комплексе. Особенности расчётных шагов в программном комплексе. Запрос данных на расчёт. Задание нагрузок и граничных условий.

Тема № 10.

Создание сетки на импортированных и родственных геометрических моделях

Построение конечно-элементной сетки. Инструменты построения конечно-элементной сетки. Инструменты модификации конечно-элементной сетки.

Тема № 11.

Управление заданиями на расчёт и визуализация результатов

Управление проведением расчётов. Визуализация результатов. Инструменты для визуализации результатов. Инструменты для создания отчётов.

Тема № 12.

Линейный статический анализ.

Управление проведением расчётов. Визуализация результатов. Инструменты для визуализации результатов. Инструменты для создания отчётов.

Тема № 13.

Учет нелинейности материала и геометрии

Правила учета нелинейной геометрии в анализе. Особенности учета нелинейного поведения материалов.

Тема № 14.

Многошаговый анализ в Abaqus

Использования нескольких расчётных шагов. Особенности передачи данных при многошаговом анализе.

Тема № 15.

Ограничения и связи в моделях Abaqus

Моделирования ограничений и связей. Инструменты для моделирования ограничений и связей.

Тема № 16.

Контактные задачи

Особенности задания контактных взаимодействий. Задание свойств контактных взаимодействий.

Тема № 17.

Подходы к расчёту болтовых соединений

Задача урока: освоить 5 техник моделирования болтов и провести их сравнительный анализ между собой и аналитическим расчётом.

- Tie
- Склейка по поверхности болтов
- Fasteners – крепление по точкам (по осям болтов)
- Болты General Contact
- Bolt Load (затяжка болтов)
- Аналитический расчёт

Тема № 18.

Моделирование композитов

Освоение моделирования композитов через инструмент Composite Layer. Задание механических свойств материала, критериев разрушения композита (Хашина).

Тема № 19.

Подход Global-Local

Техника расчёта общего НДС агрегата и передача нагрузок в нерегулярную, локальную зону с более высокой детализацией НДС.

Тема № 20.

Работа с ошибками и документацией

Анализ и исправление ошибок в Job. Типичные ошибки. Работа с документацией Abaqus.

Практические занятия

Задача №1. Расчёт напряжений простого кронштейна

В задачу входит импорт геометрии и моделирование нагружения простого кронштейна. К темам 4 и 6 теоретического обучения.

Задача №2. Пластические деформации при трёх точечном изгибе

При решении задачи на трёхточечный изгиб уделяется внимание заданию пластичности материала и описанию контактных взаимодействий. К темам 8, 9, 10, 11 теоретического обучения.

Задача №3. Моделирование штифтового соединения

Особенностью данного задания является построение геометрии в Abaqus, размещение деталей в сборке и настройка контактных взаимодействий. К темам 12,13,14,15,16 теоретического обучения.

Задача №4. «Перестык» стрингера через накладку

В задаче решается классический пример из курса проектирования конструкций. Задача решается двумя способами: сначала методом простой склейки через функцию TIE; затем с детальным моделированием заклёпок. К теме 17 теоретического обучения.

Задача №5. Расчёт напряжений в панели крыла из композиционных материалов

В задаче необходимо задать механические свойства композитной панели крыла со стрингерами, укладку и настроить вывод напряжений по каждому слою. К теме 18 теоретического обучения.

Задача №6. Расчёт прочности панели крыла из композиционных материалов

В задаче решается усложнённый вариант предыдущей задачи с заданием критериев разрушения композита. К теме 18 теоретического обучения.

Задача №7. Переход от общего НДС агрегата к локальному НДС

Задача представляет последовательный расчёт предложенной конструкции и исполнение алгоритма перехода от общего НДС к локальному НДС через функцию Submodeling. К теме 19 теоретического обучения.

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 Программы обеспечена научно-педагогическими кадрами, имеющими базовое образование, соответствующее профилю преподаваемого учебного материала, занимающимся педагогической, научной, научно-методической и/или практической деятельностью по профилю преподаваемой Программы.

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

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

При проведении лекционных занятий руководитель обучения регламентирует темп изложения учебного материала, который позволяет обучающимся при необходимости производить записи.

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, оснащенная:

1. Ноутбук, мультимедийный проектор, экран, доска;
2. Магнитомаркерная доска, маркеры и бумага.
3. Компьютерный класс с необходимой техникой для выполнения практических занятий.

На лекционных занятиях могут использоваться мультимедийные технологии, связанные с демонстрацией презентаций.

6. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. SIMULIA Abaqus/CAE User' Manual v6.14, 2016.
2. Методическое пособие Abaqus «Применение комплекса в инженерных задачах» version 6.7. ТеСИС, 2008.
3. Abaqus. Пособие для начинающих. Пошаговая инструкция. ТеСИС, Москва, 2010.

Дополнительная литература:

1. Учебное пособие Abaqus консалтингового центра Simuleon. [Электронный ресурс]. <http://simuleon.com/abaqus-tutorials/>
2. Simulia Abaqus. Электронное методические пособие. Решение прикладных задач. ТеСИС, 2015.

7. Оценка качества освоения программы

Руководитель обучения самостоятельно устанавливает средства и методы текущего контроля, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций (опросы, типовые задания, контрольные работы, тесты и др.).

Контроль результатов освоения учебного материала Программы осуществляется в форме итоговой аттестации и служит формой проверки усвоения обучающимися учебного материала программы.

Итоговая аттестация проводится в форме зачета (выполнения задач на компьютере), что позволяет проверить качество изученного материала программы.

Содержание итоговой аттестации включает не менее одного теоретического вопроса из тематического плана, что позволяет проверить качество изученного материала Программы, а также оценить полученные обучающимися знания и освоенные профессиональные компетенции.

Итоговая аттестация осуществляется руководителем обучения, который непосредственно проводил учебные занятия с обучающимися.

Показатели и критерии оценки результатов освоения программы:

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

Оценка «зачтено» ставится, если обучающийся самостоятельно выполнил все этапы решения задачи на компьютере, работа выполнена полностью и получен верный ответ.

Оценка «не зачтено» ставится, если обучающийся допустил существенные ошибки при решении задачи на компьютере и не владеет обязательными знаниями или значительная часть работы выполнена не самостоятельно.

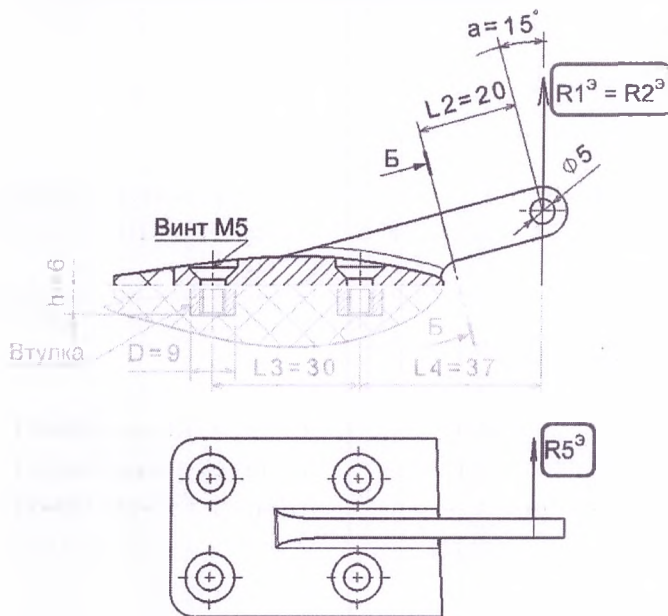
Контрольные задачи к итоговой аттестации по результатам обучения

Задача №1.

Провести поверочный расчёт передних узлов подвески и их крепления к консоли крыла. Файл геометрии прилагается.

Исходные данные

Поверочный расчет передних узлов подвески и их крепления к консоли крыла
На рисунке представлена расчетная схема переднего узла подвески. К расчету предлагается кронштейн, закрепленный к неметаллической консоли посредством клеиваемых металлических втулок.



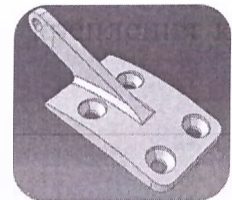
Файл геометрии Kron_BPLA_model.STP

Материал кронштейна Сталь 30ХГСА:

$E = 18500 \text{ кгс/мм}^2$;
 $\nu = 0,3$

Нагрузки:

$R1^3 = 14,93 \text{ кг}$
 $R5^3 = 39,3 \text{ кг}$



Найти:

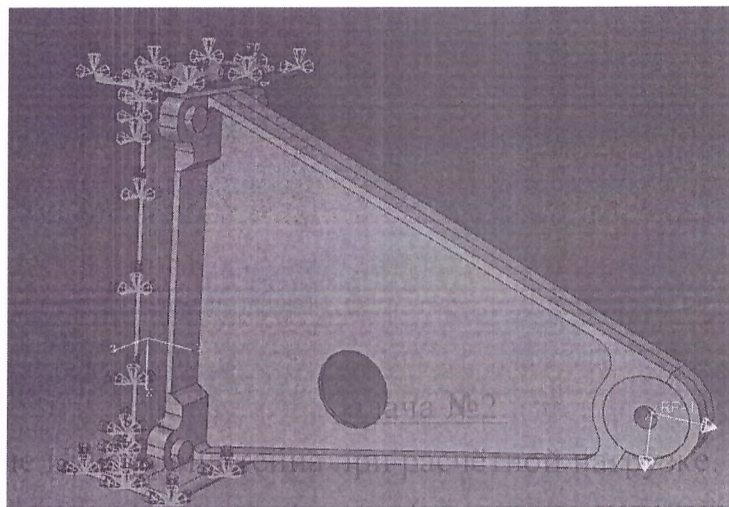
1. Максимальные напряжения по Мизесу (S_{Mises})
2. Коэффициент запаса, при $\sigma_B = 110 \text{ кгс/мм}^2$

$$\eta^3 = \frac{\sigma_{B(30ХГСА)}}{\sigma_{экв.}^p}, \text{ где } \sigma_{экв.}^p = S_{Mises}$$

Сетку строить тетраэдрами

Задача №2.

1. Определение НДС кронштейна при расчётной нагрузке.
2. Построение диаграммы разрушения (увеличить нагрузку в 10 раз)



Варианты исполнения*:

Минимум – изолированный кронштейн (одна деталь), выполненная тетраэдрами и закреплением по отверстиям крепления. Трудоёмкость 1 условная единица.

Максимум – кронштейн в сборе, выполненный гексагональной сеткой в контактной постановке. Трудоёмкость 5-10 условных единиц.

*Вариант исполнения выбирается исходя из возможностей обучающегося.

Таблица 1. Условия нагружения

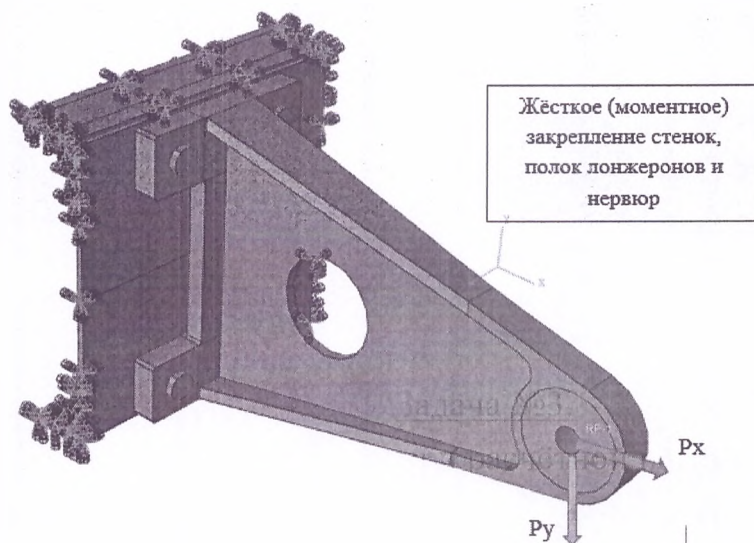
Случай нагружения	Нагрузка, кгс
Растяжение P_x	4000
Вертикальная нагрузка вниз P_y	800

Таблица 2. Механические характеристики применяемых материалов

Материал	Стандарт	Модуль упругости E , кгс/мм ²	Коэф. Пуассона ν	Предел текучести $\sigma_{тек}$, кгс/мм ²	Предел прочности $\sigma_{вр}$, кгс/мм ²	Удлинение разрыва δ , %
болты 30ХГСА	ГОСТ 4543-2016	21916	0,266	85	110	10
Д16Т	ГОСТ 4784-97	7200	0,3	30	42	10

Задача №3.

1. Определение НДС кронштейна при расчётной нагрузке.
2. Построение диаграммы разрушения (увеличить нагрузку в 10 раз)



Варианты исполнения*:

Минимум – изолированный кронштейн (одна деталь), выполненная тетраэдрами и закреплением по отверстиям крепления. Трудоёмкость 1 условная единица.

Максимум – кронштейн в сборе, выполненный гексагональной сеткой в контактной постановке. Трудоёмкость 5-10 условных единиц.

*Вариант исполнения выбирается исходя из возможностей обучающегося.

Таблица 1. Условия нагружения

Случай нагружения	Нагрузка, кгс
Растяжение P_x	400
Вертикальная нагрузка вниз P_y	2000

Таблица 2. Механические характеристики применяемых материалов

Материал	Стандарт	Модуль упругости E , кгс/мм ²	Кэф. Пуассона ν	Предел текучести $\sigma_{тек}$, кгс/мм ²	Предел прочности $\sigma_{вр}$, кгс/мм ²	Удлинение разрыва δ , %
болты 30ХГСА	ГОСТ 4543-2016	21916	0,266	85	110	10
Д16Т	ГОСТ 4784-97	7200	0,3	30	42	10