

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.03 Конечно-элементный анализ деталей и систем

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение

Направленность (профиль)

15.04.05.01 Автоматизация конструкторско-технологического  
проектирования

Форма обучения

очная

Год набора

2022

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

к. т. н., доцент, Колбасина Н. А.

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является: обеспечение базы теоретической подготовки будущим проектировщикам в области прикладной механики деформируемого твердого тела и основ моделирования инженерных задач в современных конечно-элементных пакетах, необходимой для изучения дальнейших дисциплин и для практической деятельности инженеров-проектировщиков.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачей изучения дисциплины является: приобретение и развитие знаний, умений и навыков, позволяющих овладеть теоретическими методами расчетов на прочность и устойчивость элементов конструкций и машин, использовать программные продукты для решения практических задач.

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-3: Способен проектировать технологические операции изготовления деталей на станках с ЧПУ с применением многокоординатной и/или многошпиндельной обработки</b>	
ИД-2.ПК-3: Способен разрабатывать технические задания для проектирования сложных приспособлений для станков с ЧПУ; • проектировать технологические операции изготовления сложных деталей на станках с ЧПУ с использованием системы автоматизированного проектирования; • корректировать вручную текст УП после компиляции ее системой автоматизированного проектирования; • контролировать точность обработанной заготовки; • контролировать качество поверхности обработанной заготовки; • производить расчеты для синхронизации оперативного времени при многоместной обработке на станках с ЧПУ;	порядок выполнения переходов с учетом особенностей проектирования операций обработки на станках с ЧПУ схемы много инструментальной обработки технологию изготовления особо сложных деталей на станках с ЧПУ разрабатывать технические задания для проектирования сложных приспособлений для станков с ЧПУ; производить расчеты для синхронизации оперативного времени при многоместной обработке на станках с ЧПУ; оформлять технологическую документацию в соответствии с действующими требованиями; методами составления схемы много инструментальной обработки методами расчета для синхронизации оперативного времени при многоместной обработке на станках с ЧПУ; технологией изготовления особо сложных деталей на станках с ЧПУ

<ul style="list-style-type: none"> <li>• производить расчеты для синхронизации оперативного времени при многошпиндельной обработке на станках с ЧПУ;</li> <li>• производить расчет штучного и подготовительно-заключительного времени операции обработки деталей на станках с ЧПУ;</li> </ul>	
<p>ИД-3.ПК-3: Способен оформлять технологическую документацию в соответствии с действующими требованиями;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать УП, разработанные инженерами-технологами-программистами более низкой квалификации;</li> <li>• проектировать технологию изготовления особо сложных деталей на станках с ЧПУ.</li> </ul>	<p>оптимальные схемы построения операции на станках с ЧПУ;</p> <p>способы расчетов технически обоснованных норм штучного и подготовительно-заключительного времени;</p> <p>методы контроля УП, разрабатываемых инженерами-технологами-программистами более низкой квалификации;</p> <p>устанавливать режимы обработки</p> <p>разрабатывать УП</p> <p style="padding-left: 40px;">консультировать инженеров-технологов-программистов более низкой квалификации по вопросам проектирования операций и разработки УП</p> <p>расчетом технически обоснованных норм штучного и подготовительно-заключительного времени;</p> <p>расчетом и синхронизацией оперативного времени при многошпиндельной обработке на станках с ЧПУ;</p> <p>установлением режимов обработки;</p>
<p><b>ПК-4: Способен обеспечить технологичность конструкции деталей машиностроения высокой сложности</b></p>	

<p>ИД-1.ПК-4: Способен выявлять нетехнологичные элементы конструкций деталей машиностроения высокой сложности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• разрабатывать предложения по повышению технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности;</li> </ul>	<p>технология производства продукции в организации, перспективы технического развития последовательность действий при оценке технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности критерии качественной оценки технологичности конструкции деталей машиностроения высокой сложности применять основные показатели количественной оценки технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности применять вспомогательные показатели количественной оценки технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности применять процедуру согласования предложений по изменению конструкций деталей машиностроения высокой сложности с целью повышения их технологичности. технологией производства продукции в организации,</p>
	<p>перспективы технического развития методами последовательных действий при оценке технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности методами качественной оценки технологичности конструкции деталей машиностроения высокой сложности</p>

<p>ИД-2.ПК-4: Способен рассчитывать основные показатели количественной оценки технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• рассчитывать вспомогательные показатели количественной оценки технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности;</li> </ul>	<p>предложения по повышению технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности;</p> <p>основные показатели количественной оценки технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности;</p> <p>вспомогательные показатели количественной оценки технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности;</p> <p>выявлять нетехнологичные элементы конструкций деталей машиностроения высокой сложности;</p> <p>рассчитывать вспомогательные показатели количественной оценки технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности;</p> <p>оценивать предложения по повышению технологичности конструкций деталей машиностроения внесенные специалистами более низкой квалификации.</p> <p>методами расчета основных показателей количественной оценки технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности;</p> <p>методами предложений по повышению</p>
	<p>технологичности конструкций деталей машиностроения внесенные специалистами более низкой квалификации.</p> <p>методами повышения технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности;</p>

<p>ИД-3.ПК-4: Способен оценивать предложения по повышению технологичности конструкций деталей машиностроения внесенные специалистами более низкой квалификации.</p>	<p>способы количественной оценки технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности  способы предложений по изменению конструкций деталей машиностроения высокой сложности с целью повышения их технологичности;  методы контроля предложений по повышению технологичности, внесенных специалистами более низкой квалификации.  внести предложения по изменению конструкций деталей машиностроения высокой сложности с целью повышения их технологичности;  анализировать технологичность конструкций деталей машиностроения высокой сложности;  делать качественную оценку технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности;  количественная оценка технологичности конструкций деталей машиностроения высокой сложности;  внесение предложений по изменению конструкций деталей машиностроения высокой сложности с</p>
	<p>целью повышения их технологичности;  методами контроля предложений по повышению технологичности, внесенных специалистами более низкой квалификации.</p>
<p><b>ПК-5: Способен провести выбор заготовок для производства деталей машиностроения высокой сложности</b></p>	
<p>ИД-2.ПК-5: Способен выбирать метод получения заготовок деталей машиностроения высокой сложности;  • выбирать способ получения заготовок деталей машиностроения высокой сложности;  • выбирать конструкцию заготовок деталей машиностроения высокой сложности;  • устанавливать основные требования к проектируемым заготовкам деталей машиностроения высокой сложности</p>	<p>способ получения заготовок деталей машиностроения высокой сложности;  конструкцию заготовок деталей машиностроения высокой сложности;  основные требования к проектируемым заготовкам деталей машиностроения высокой сложности;  устанавливать по марке материала технологические свойства материалов деталей машиностроения высокой сложности;  выявлять конструктивные особенности деталей машиностроения высокой сложности, влияющие на выбор способа получения заготовки;  выбирать метод получения заготовок деталей машиностроения высокой сложности;  методами выбора и получения заготовок деталей машиностроения высокой сложности;  методами оценки технических заданий на проектирование заготовок, подготовленными специалистами более низкой квалификации;  методами оценки проектов заготовок, подготовленными специалистами более низкой квалификации.</p>

<p>ИД-3.ПК-5: Способен оценивать технические задания на проектирование заготовок, подготовленными специалистами более низкой квалификации;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>оценивать проекты заготовок, подготовленными специалистами более низкой квалификации.</li> </ul>	<p>технологические свойства материала деталей машиностроения высокой сложности;  конструктивные особенности деталей машиностроения высокой сложности;  определять тип производства деталей машиностроения высокой сложности;  выбирать технологические методы получения заготовок деталей машиностроения высокой сложности;  выбирать способ получения заготовок деталей машиностроения высокой сложности;  проектированием заготовок деталей машиностроения высокой сложности;  разработкой технических заданий на проектирование заготовок деталей машиностроения высокой сложности;  методами контроля проектов заготовок и технических заданий на проектирование заготовок, подготовленных специалистами более низкой квалификации.</p>
<p><b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b></p>	
<p>ИД-1.УК-1: Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связь между ними</p>	<p>методы критического анализа и оценки современных научных достижений;  методы критического анализа;  основные принципы критического анализа.  применять методы критического анализа и оценки современных научных достижений;  применять методы критического анализа  применять основные принципы критического анализа.  основами критического анализа и оценки современных научных достижений;  основами критического анализа  основами основных принципов критического анализа.</p>



<p>ИД-2.УК-1: Критически оценивает надежность источников информации</p>	<p>новые знания на основе анализа, синтеза и др.; данные по сложным научным проблемам, относящимся к профессиональной области; поиск информации и решений на основе действия , эксперимента и опыта. применять новые знания на основе анализа, синтеза и др. ; применять данные по сложным научным проблемам, относящимся к профессиональной области; применять информацию решений на основе действия , эксперимента и опыта. методами новые знания на основе анализа, синтеза и др методами сбора данных по сложным научным проблемам, относящимся к профессиональной</p>
	<p>области; методами поиск информации и решений на основе действия , эксперимента и опыта.</p>
<p>ИД-3.УК-1: Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p>	<p>проблемы профессиональной деятельности с применением анализа; научные проблемы и использованием адекватных методов для их решения; способы демонстрации оценочных суждений в решении проблемных профессиональных ситуаций. применять анализ профессиональной деятельности применять адекватные методы для решения научных задач решать проблемы профессиональных ситуаций методами анализа профессиональной деятельности методами решения адекватных методов для научных задач методами решения проблем профессиональных ситуаций</p>

#### 1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,25 (45)</b>	
занятия лекционного типа	0,25 (9)	
практические занятия	0,5 (18)	
лабораторные работы	0,5 (18)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>3,75 (135)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Введение в дисциплину</b>									
	1. Предмет и задачи дисциплины. Основные понятия и определения. Суть метода конечных элементов. Обзор функционала CAE-сред на примере модуля SolidSimulation программного комплекса SolidWorks	0,5							
	2. Основы тензорного анализа, инварианты	0,5							
	3. Работа с лекционным материалом							12	
	4. Создание моделей для исследования					2			
	5. Подготовка к защите лабораторной работы							6	
<b>2. Напряженно-деформируемое состояние</b>									
	1. Принципы геометрического описания среды, ее свойства. Создание 3-D модели, этапы и принципы разбиения на конечно-элементную сетку. Оценка качества сетки. Выбор конечного элемента	0,5							

2. Исследование влияния плотности сетки на отображение результатов а моделях сложной геометрии			2					
3. Объемное напряженно-деформируемое состояние (НДС). Расчетная схема конструкции	1							
4. Работа с лекционным материалом							12	
5. Расчет кривой деформации напряжения для моделирования нелинейных свойств материала					2			
6. Исследование влияния степени жесткости граничных условий на компоненты решения			2					
7. Подготовка к защите лабораторных работ							12	
<b>3. Материал модели. Граничные условия</b>								
1. Свойства и модели материалов, механические характеристики, библиотеки	0,5							
2. Исследование различных способов приложения нагрузки. Анализ полученных результатов					2			
3. Узловые степени свободы и ограничения. Моделирование граничных условий и нагрузок, возможности интерфейса. SolidSimulation	0,5							
4. Работа с лекционным материалом							15	
5. Моделирование одноосного, плоского и пространственного НДС на основе простейших деталей. Анализ результатов					2			
6. Расчет НДС блочных конструкций различных сечений. Сравнительный анализ решений			2					
7. Подготовка к защите лабораторных работ							12	
<b>4. Основные расчетные задачи. Моделирование контакта</b>								

1. Задачи Сен-Венана, основные допущения. Задача растяжения-сжатия. Кручения. Пример расчета в SolidSimulation	0,5							
2. Задачи Сен-Венана, основные допущения. Задача кручения. Расчетная модель. Пример расчета в SolidSimulation	0,5							
3. Моделирование задачи кручения на примере вала зубчатой передачи					2			
4. Задачи Сен-Венана, основные допущения. Задача изгиба. Расчетная модель. Пример расчета в SolidSimulation	1							
5. Работа с лекционным материалом							12	
6. Моделирование задачи изгиба строительных балок					2			
7. Моделирование взаимодействия деталей в сборке. Различные типы контакта	1							
8. Моделирование посадки с натягом на примере подшипника					2			
9. Моделирование контакта в зубчатом зацеплении					4			
10. Подготовка к защите лабораторных работ							12	
<b>5. Оценка работоспособности и определение основных характеристик конструкции</b>								
1. Использование результатов исследования для оценки работоспособности конструкции, предельные напряжения, запас прочности, допустимые перемещения	0,5							
2. Обобщенный закон Гука с учетом температурных деформаций. Температурное расширение при ограничениях	0,5							

3. Комбинированные нагрузки. Температурные нагрузки в структурном анализе	0,5							
4. Работа с лекционным материалом							12	
5. Анализ распределения тепловых потоков при неравномерном нагреве с помощью температурного анализа			6					
6. Использование частотного анализа для определения спектра резонансных частот	0,5							
7. Определение спектра собственных частот вала при различных граничных условия. Анализ полученных результатов			4					
8. Модификация характеристик системы для уменьшения влияния вибрации	0,5							
9. Вычисление максимальной реакции в установившемся состоянии, вызванной гармоническими нагрузками			2					
10. Подготовка к защите лабораторных работ							12	
11. Оформление отчетов							18	
Всего	9		18		18		135	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Алямовский А. А. SolidWorks / CosmosWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов: научное издание(Москва: ДМК Пресс).
2. Колбасина Н. А. Конечно-элементный анализ деталей и систем: учеб.-метод. пособие [для студентов направления 230100 «Информатика и вычислительная техника», профиль 230100.62.06 «Системы автоматизированного проектирования в машиностроении»](Красноярск: СФУ).
3. Гинзбург Е. Г., Голованов Н. Ф., Фирун Н. Б., Халевский Н. Т., Гинзбург Е. Г. Зубчатые передачи: справочник(Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд-ние).
4. Заболеева-Зотова А. В., Камаев В. А. Лингвистическое обеспечение автоматизированных систем: учеб. пособие(Москва: Высшая школа).
5. Фленов М. Е. Библия Delphi: Практическое руководство(Санкт-Петербург: Издательство "БХВ-Петербург").
6. Колбасина Н. А. Функционально-физический анализ объектов: учеб.-метод. пособие [для студентов направления 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 151900.68.09 «Автоматизированное машиностроение»](Красноярск: СФУ).

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. MicrosoftOffice Word, Excel 2007 и выше
2. Любой браузер: GoogleChrome, MozillaFirefox, Safari 6 и выше, InternetExplorer 9 и выше (бесплатные версии на сайтах разработчиков)
3. Информационная обучающая система СФУ e.sfu-kras.ru
4. AdobeReaderX или AcrobatReaderDC или любое программное обеспечение для чтения файлов формата pdf
5. Delphi 7 и выше
6. SolidWorks Simulation 14 и выше

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Сайт библиотеки СФУ [www.bik.sfu-kras.ru](http://www.bik.sfu-kras.ru)

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Лекционная аудитория, оснащенная универсальной маркерной доской и проектором

Класс персональных компьютеров для проведения лабораторных занятий