

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)



« 29 » 11 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ**

направление подготовки (специальность):

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация:

Проектирование технологических машин и комплексов предприятий  
строительной индустрии

Квалификация

инженер

Форма обучения

очная

**Институт: технологического оборудования и машиностроения**

**Кафедра: Механического оборудования**

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов (уровень специалиста), №1343 от 28 октября 2016 г.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова актуализированного в 2016 году для студентов набора 2016 года.

Составитель:  к.т.н., проф. Ельцов М.Ю.

 асс. Хахалев П.А.

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой “Механическое оборудование”

Заведующий кафедрой:  д.т.н, проф. В.С. Богданов

« 21 » 11 2016 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры “Механическое оборудование”

« 21 » 11 2016 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой:  д.т.н, проф. В.С. Богданов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИТОМ

« 29 » 11 2016 г., протокол № 4

Председатель  доцент В.Б. Герасименко

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Профессиональные			
1	ПСК-24.10	Выпускник должен обладать способностью применять современные численные методы расчета проектируемых машин и оборудования предприятий строительной индустрии, а также их узлов и деталей	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные методы расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность и применять их на практике; типы конечных элементов; типы нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель</p> <p><b>Уметь:</b> строить конечно-элементные модели как отдельных деталей, так и сборок, накладывать условия сопряжения, проводить анализ качества конечно-элементных моделей, принимать решения по результатам расчета</p> <p><b>Владеть:</b> программным обеспечением, предназначенным для расчета методом конечных элементов различных деталей, узлов и машин предприятий строительных материалов</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математические основы надежности технологических машин и комплексов

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Преддипломная практика
2	Государственная итоговая аттестация

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часа.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 10
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	85	85
лекции	34	34
лабораторные	51	51
практические		
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	131	131
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания	9	9
Индивидуальное домашнее задание		
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	86	86
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	36	Экзамен

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1 Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс 5 Семестр 10**

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Расчет детали на прочность методом конечных элементов</b>					
	<p>Введение. Модуль «Расширенная симуляция» в системе NX. Работа с файлами fem и sim. Идеализация геометрии. Срединная поверхность. Типы сеток КЭМ. Создание 1D сетки на геометрической модели. Использование сечения для 1D сетки.</p> <p>Нанесение 2D сетки на геометрическую модель. Типы 2D элементов.</p> <p>Нанесение 3D сетки на геометрическую модель. Типы 3D элементов.</p> <p>Коллектор сетки. Материалы. Использование библиотеки материалов. Добавление материалов в библиотеку.</p> <p>Создание решения. Типы решений и решателей. Граничные условия. Типы и методы наложения граничных условий. Проверка качества модели и сетки. Решение модели.</p> <p>Работа с полученными результатами. Создание отчета о конечно-элементной модели. Информация о сетке, материале, нагрузках и условиях закрепления.</p>	16		22	36
<b>2. Расчет сборочной единицы на прочность методом конечных элементов</b>					
	<p>Анализ сборочной единицы. Выделение узлов и деталей, подлежащих проверке на прочность. Создание конечно-элементной сборки (afm). Создание конечно-элементных моделей деталей, входящих в расчетную сборку (упрощение геометрии, назначение материала, выбор типа и наложение сеток). Сопряжение конечно-элементных моделей (соединение, 3D контакт).</p> <p>Создание решения. Приложение внешних нагрузок и условий ограничения.</p> <p>Расчет симуляции и анализ результатов расчета. Внесение конструктивных изменений.</p>	8		20	22
<b>3. Симуляция кинематических механизмов</b>					
	<p>Введение. Модуль NX «Симуляция кинематических механизмов». Понятие сценарий. Создание нового сценария.</p> <p>Понятия связь и узел. Типы узлов. Типы приводов. Создание нового решения. Решение механизма. Работа</p>	10		9	28

	с полученными результатами. Экспорт данных. Передача нагрузки в NX Расширенная симуляция. Построение графиков и таблиц.				
	ВСЕГО	34		51	86

#### 4.2. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во лаб. часов	К-во часов СРС
семестр №10				
1	Расчет детали методом конечных элементов	Модуль NX «Расширенная симуляция». Навигатор симуляции. Работа с файлами fem и sim. Идеализация геометрии. Создание и редактирование срединной поверхности. Создание 1D сеток на геометрии. Ориентация сечения. Создание 2D сеток на геометрии. Типы 2D элементов. Создание 3D сеток на геометрии. Типы 3D элементов. Создание коллектора свойств материала. Добавление материалов в библиотеку. Создание решения. Типы решений и решателей. Граничные условия. Типы и методы наложения граничных условий. Проверка качества модели и сетки. Решение модели. Работа с полученными результатами. Создание отчета о конечно-элементной модели. Информация о сетке, материале, нагрузках и условиях закрепления.	22	36
2	Расчет сборочной единицы методом конечных элементов	Создание конечно-элементной сборки (afm). Наложение условий взаимодействия конечно-элементных моделей. Приложение внешних нагрузок и условий ограничения. Запуск симуляции на расчет. Анализ результатов расчета.	20	22
3	Симуляция кинематических механизмов	Модуль NX «Симуляция кинематики». Навигатор симуляции. Понятие сценарий. Создание нового сценария. Понятия связь и узел. Типы узлов. Типы приводов. Создание связей и узлов. Создание нового решения. Решение механизма. Работа с полученными результатами. Экспорт данных. Построение графиков и таблиц.	9	28
ИТОГО:			51	86
ВСЕГО:			51	86

#### 4.3. Содержание практических (семинарских) занятий

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Расчет детали методом конечных элементов	<p>Системы инженерного анализа. Понятие CAE. Запуск модуля «Расширенная симуляция» в системе NX.</p> <p>Навигатор симуляции. Структура панели управления.</p> <p>Упрощение, идеализация и редактирование геометрической модели.</p> <p>Создание срединной поверхности.</p> <p>Редактирование сложных срединных поверхностей.</p> <p>Одномерные сетки. Создание одномерных сеток. Типы 1D элементов.</p> <p>Сечение 1D элементов. Ориентация сечения 1D элементов.</p> <p>Построение 2D сеток. Типы 2D элементов.</p> <p>Нанесение 3D сетки на геометрическую модель. Типы 3D конечных элементов, типы 3D сеток.</p> <p>Создание точек сетки. Обновление сетки конечных элементов.</p> <p>Редактирование сеток.</p> <p>Физические свойства сеток. Коллектор сетки. Создание коллектора.</p> <p>Определение свойств материала. Библиотека материалов.</p> <p>Добавление материала в библиотеку материалов.</p> <p>Граничные условия. Типы нагрузок. Особенности приложения нагрузок.</p> <p>Граничные условия. Типы ограничений. Приложение ограничений к геометрической модели.</p> <p>Проверка конечно-элементной модели.</p> <p>Решение конечно-элементной модели. Типы решателей.</p> <p>Работа с полученными результатами. Маркеры.</p> <p>Редактирование маркеров.</p> <p>Навигатор постпроцессора.</p> <p>Создание отчета. Информация о сетке КЭ, материалах, граничных условиях. Редактирование отчета.</p> <p>Оптимизация геометрии модели. Алгоритм расчета на оптимизацию геометрии.</p> <p>Работа в модуле «Расширенная симуляция» системы NX под управлением PLM-системы Teamcenter.</p>
2	Расчет сборочной единицы методом конечных элементов	<p>Создание сборки конечно-элементных моделей. Работа с файлом AFM.</p> <p>Добавление конечно-элементных моделей в файл FEM-сборки.</p> <p>1D соединение. Типы 1D соединений. Управление метками сборки.</p> <p>Контакт поверхностей. Создание контакта поверхностей.</p> <p>Опции контакта.</p> <p>Склейка поверхностей. Создание склейки поверхностей.</p>



3	Симуляция кинематических механизмов	<p>Модуль NX «Симуляция кинематики».</p> <p>Навигатор симуляции. Структура панели инструментов.</p> <p>Понятие сценарий. Создание нового сценария. Типы анализа. Настройки сценария.</p> <p>Понятие связь и узел. Типы узлов. Типы приводов.</p> <p>Создание связей и узлов.</p> <p>Установка маркеров.</p> <p>Создание нового решения. Решение механизма.</p> <p>Работа с полученными результатами. Экспорт данных.</p> <p>Создание графиков и таблиц. Передача нагрузки.</p> <p>Работа в модуле «Симуляция кинематики» системы NX под управлением PLM-системы Teamcenter.</p>
---	-------------------------------------	---

## **5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.**

Учебным планом не предусмотрено.

## **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.**

Расчетно-графическое задание выдается индивидуально каждому студенту в соответствии с вариантом.

1. Молотковая дробилка. Ротор в сборе.
2. Бегуны СМ-874. Каток в сборе.
3. Мельница 3х8 м. Межкамерная перегородка.
4. Мельница 3х8 м. Решетка элеваторная.
5. Мельница 3,2х15 м. Крышка разгрузочная.
6. Пресс СМС-294. Механизм убора просыпи.
7. Валковая дробилка 1000х1000 мм. Валок подвижный.
8. Гидрофол. Установка приводной шестерни.
9. Гидрофол. Втулка разгрузочная.
10. Ленточный пресс СМ-443. Прессующая головка.
11. Сушильный барабан 1,6х8 м. Опорно-упорная станция.
12. Пресс 4КФ-200. Вал в сборе.
13. Печь вращающаяся 4х60 м. Установка подвенцовой шестерни.
14. Печь вращающаяся 4х150 м. Роликоопора.
15. Охладитель колосниковый. Вал приводной.
16. Охладитель колосниковый. Станция приводная.
17. Охладитель колосниковый. Секция колосниковой решетки.
18. Дробилка щековая ЩДС 0,4х0,9. Вал эксцентриковый.
19. Дробилка конусная КМД-2200. Механизм защитный.
20. Помольный комплекс. Блок помола.
21. Печь вращающаяся 4х150 м. Рекуператор.

Расчетно-графическое задание оформляется на одном листе формата А1 и сопровождается краткой пояснительной запиской на формате А4.

#### **5.4. Перечень контрольных работ.**

Учебным планом не предусмотрено.

## **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **6.1. Перечень основной литературы**

1. Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В., Сотник Д.Е. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 504 с.: ил.
2. Ельцов М.Ю., Хахалев П.А. Основы расчета изделия на прочность в приложении NX Расширенная симуляция: учеб. пособие / М.Ю. Ельцов, П.А. Хахалев. – Белгород: изд-во БГТУ, 2014. – 207 с.
3. Ельцов М.Ю., Хахалев П.А., Широкова Л.Ю., Анциферов С.И. Альбом чертежей для создания электронно-цифровых моделей сборочных единиц механического оборудования предприятий строительных материалов  
<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014090311203496100000651830>

### **6.2. Перечень дополнительной литературы**

1. ГОСТ 2.001-70. Единая система конструкторской документации. Основные положения: [Сборник]. – М.: Изд-во стандартов, 2007.– 286с.

### **6.3. Перечень интернет ресурсов**

1. Гончаров П.С., Ельцов М.Ю. Учебное пособие. NX для конструктора-машиностроителя.  
[http://www.plm.automation.siemens.com/ru\\_ru/about\\_us/russian\\_book\\_nx\\_download.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/about_us/russian_book_nx_download.shtml)
2. Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В., Сотник Д.Е. NX Advanced Simulation. Практическое пособие.  
[http://www.plm.automation.siemens.com/ru\\_ru/academic/books/nx\\_advanced\\_simulation\\_download.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/academic/books/nx_advanced_simulation_download.shtml)

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Программное обеспечение: Teamcenter, NX.


Для проведения лекций и практических занятий используется компьютерный класс ГК 124, оборудованный презентационной техникой и 12 персональными высокомоощными компьютерами.

Для самостоятельной работы студентов используется кабинет ГК 008 с 10 рабочими местами.

В процессе обучения используются современные системы трехмерного моделирования и проектирования NX, а также система управления базами данных Teamcenter. Инновационность методов заключается в работе студентов и преподавателей в единой базе данных, с возможностью доступа к ней из дома по интернету.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2017 /2018 учебный год.  
Протокол № 1 заседания кафедры от « 30 » 08 2017 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Богданов В.С.  
  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Латышев С.С.  
  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2018 /2019 учебный год.  
Протокол № 1 заседания кафедры от «30» 08 2018 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Богданов В.С.  
  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Латышев С.С.  
  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ


Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2019 /2020 учебный год.  
Протокол № 21 заседания кафедры от « 11 » 06 2019 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Богданов В.С.  
  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Латышев С.С.  
  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2020 /2021 учебный год.  
Протокол № 16 заседания кафедры от «22» 05 2020 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Богданов В.С.  
  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Латышев С.С.  
  
подпись, ФИО



## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2021 /2022 учебный год.  
Протокол № 22 заседания кафедры от « 11 » мая 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Богданов В.С.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Латышев С.С.  
подпись, ФИО

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение №1.

Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины  
"Структурный анализ и расчет оборудования"

### 1.1. Подготовка к лекции.

Перед очередной лекцией необходимо проработать материал предыдущей лекции. Выполнить все упражнения. Для закрепления навыков изучить информацию по соответствующему разделу в других источниках (справочная и нормативная литература, периодические издания, интернет-ресурсы). Быть готовым ответить на контрольные вопросы по соответствующей теме.

Студент обязан посещать лекции и вести конспект в электронном виде в доступном ему программном обеспечении.

Материалы по теме "Расчет детали методом конечных элементов" изучаются по основной литературе, книга Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В., Сотник Д.Е. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ, стр. 9-118, 146-224; книга Ельцов М.Ю., Хахалев П.А. Основы расчета изделия на прочность в приложении NX Расширенная симуляция: учеб. пособие, стр. 3-175.

Материалы по теме "Расчет сборочной единицы методом конечных элементов" изучаются по основной литературе, книга Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В., Сотник Д.Е. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ, стр. 124-145; книга Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В., Сотник Д.Е. NX Advanced Simulation. Практическое пособие, стр. 7-25; книга Ельцов М.Ю., Хахалев П.А. Основы расчета изделия на прочность в приложении NX Расширенная симуляция: учеб. пособие, стр. 176-195.

Материалы по теме "Симуляция кинематических механизмов" изучаются по официальной документации к программному обеспечению NX.

### 1.2. Подготовка к практическим занятиям.

### 1.3. Подготовка к лабораторным занятиям.

Подготовка к лабораторным занятиям подразумевает проработку материала по прошедшим лекциям. На лабораторных занятиях студентов должен подробно изучать функционал ПО, который был ранее освещен на лекциях. Задания к лабораторным работам по темам лекций хранятся в базе данных Teamcenter.

### 1.4. Выполнение расчетно-графических заданий

Для выполнения расчетно-графического задания студент получает задание из учебного пособия "Альбом чертежей для создания электронно-цифровых моделей сборочных единиц механического оборудования предприятий строительных материалов".

Расчетно-графическое задание предполагает создание электронно-цифровой модели сборки и её расчет на прочность методом конечных элементов. Пояснительная записка оформляется согласно структуре расчетно-графического задания, указанной в основной литературе – учебное пособие Ельцов М.Ю., Хахалев П.А. Основы расчета изделия на прочность в приложении NX Расширенная симуляция: учеб. пособие, стр. 196-202. Оформляется лист формата А1 с соблюдением правил и требований ЕСКД (Единой системой конструкторской документации).

#### 1.5. Выполнение курсового проекта

#### 1.6. Экзамен по дисциплине

К экзамену допускаются студенты, успешно освоившие курс, получившие положительные оценки по контрольным работам, сдавшие в срок расчетно-графическое задание.

Подготовка к экзамену студентом осуществляется по конспекту лекций, основной и дополнительной литературе, электронным ресурсам кафедры Механического оборудования и интернет-ресурсам в соответствии с приведенным перечнем вопросов в пункте 5.1.

Студент должен самостоятельно за компьютером проработать все вышеперечисленные вопросы. При возникновении затруднений обратиться к преподавателю за консультацией.