

1000

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор Белорусско-Российского
университета


Ю.В. Машин
12.12.2023

Регистрационный № УД-150303/Б.Р.В.Ур

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА В ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧАХ
(наименование дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 15.03.03 Прикладная механика

Направленность (профиль) Компьютерный инжиниринг

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	4
Семестр	7
Лекции, часы	14
Лабораторные занятия, часы	60
Курсовая работа, семестр	7
Экзамен, семестр	7
Контактная работа по учебным занятиям, часы	74
Самостоятельная работа, часы	70
Всего часов / зачетных единиц	144/4

Кафедра-разработчик программы: Основы проектирования машин
(название кафедры)

Составитель: А.Е. Науменко, канд. техн. наук
(И.О. Фамилия, ученая степень, ученое звание)

Могилев, 2023

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика № 729 от 09.08.2021, учебным планом рег. № 150303-2.1 от 28.04.2023.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Основы проектирования машин»
(название кафедры)

«15» декабря 2023 г., протокол № 5.

Зав. кафедрой  А.П. Прудников

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом
Белорусско-Российского университета

20 12 2023, протокол № 3.

Зам. председателя
Научно-методического совета

 С.А. Сухоцкий

Рецензент:

О.В. Борисенко, Начальник отдела механизации, автоматизации и охраны труда
РУП «Могилевавтодор»

(И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание рецензента)

Рабочая программа согласована:

Ведущий библиотекарь

 Е.Н. Косичева

Начальник учебно-методического
отдела

 О.Е. Печковская

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является формирование специалистов, умеющих обоснованно и результативно применять комплекс знаний, умений и навыков по расчету и анализу напряженно-деформированного состояния деталей и конструкций машин и механизмов.

1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

знать:

- роль и место современных численных методов при решении инженерных задач в сфере профессиональной деятельности;
- основные численные методы теории упругости и механики разрушения;
- принципы, лежащие в основе математических моделей теории упругости и механики разрушения;
- прикладное программное обеспечение для решения типовых задач методом конечных элементов.

уметь:

- использовать программное обеспечение реализующее расчет напряженно-деформированного состояния деталей и узлов механизмов и машин методом конечных элементов;
- анализировать результаты расчета деталей и узлов механизмов методом конечных элементов.

владеть:

- навыками использования прикладного программного обеспечения, реализующего метод конечных элементов, для анализа напряженно-деформированного состояния деталей и узлов механизмов при решении конструкторских задач.

1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (Часть Блока 1, формируемая участниками образовательных отношений).

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- физика;
- сопротивление материалов;
- теория механизмов, машин и манипуляторов;
- детали машин и основы конструирования;
- вариационные методы в теории упругости и пластичности.

Перечень учебных дисциплин, которые будут опираться на данную дисциплину:

- устройство транспортных и технологических машин.

Кроме того, результаты, полученные при изучении дисциплины на лабораторных занятиях будут применены при прохождении преддипломной практики, а также при подготовке выпускной квалификационной работы и дальнейшей профессиональной деятельности.

1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ПК-3	Способен использовать средства автоматизации расчета и проектирования для выполнения технического задания.

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
1	Введение, основные численные методы теории упругости и механики разрушения	Цель и задачи дисциплины. Основные численные методы, используемые при проектировании механизмов и машин. Теория метода конечных элементов (МКЭ). Постановка задачи поиска перемещений, применительно к МКЭ.	ПК-3
2	Прикладное программное обеспечение, реализующее МКЭ	Реализация МКЭ в современных программных комплексах. Классификация ПО. Типы задач, решаемых МКЭ	ПК-3
3	Алгоритм оценки напряженно-деформированного состояния модели с помощью МКЭ	Этапы исследования НДС с помощью программного обеспечения, реализующего МКЭ. Классификация конечных элементов. Формирование граничных условий.	ПК-3
4	Валидация граничных условий модели и полученных результатов	Факторы, влияющие на получение точного результата при решении задач с помощью МКЭ. Тип и размер конечного элемента. Оценка погрешности расчета	ПК-3
5	Анализ напряженно-деформированного состояния твердотельных моделей и оболочек	Этапы решения задачи анализа твердотельных моделей и оболочек. Возможности применяемого прикладного программного обеспечения. Анализ результатов.	ПК-3
6	Анализ НДС сварных конструкций	Этапы решения задачи анализа сварных конструкций. Возможности применяемого прикладного программного обеспечения. Анализ результатов.	ПК-3
7	Анализ сборочных единиц с учетом соединений и контактов	Типы и виды контактов. Алгоритм поиска контактных взаимодействий. Особенности анализа болтовых и штифтовых соединений.	ПК-3
8	Определение усталостной долговечности конструкций	Основные термины и определения. Алгоритм оценки усталостной долговечности. Основные этапы решения задачи. Анализ результатов.	ПК-3
9	Проектирование корпусных деталей механизмов и машин	Алгоритм решения комплексной задачи анализа корпусных деталей механизмов и машин. Возможности программного обеспечения. Ограничения и допущения. Нагрузочные режимы. Анализ результатов.	ПК-3

2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Лабораторные занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
Модуль 1							
1	1. Введение, основные численные методы теории упругости и механики разрушения 2. Прикладное программное обеспечение, реализующее МКЭ.	1 1	Л.р. 1 Настройки программного комплекса Ansys	2	1	ЗЛР	2
2			Л.р. 2 Методика проведения анализа конструкций методом конечных элементов	2	1	ЗЛР	2
3	3. Алгоритм оценки напряженно-деформированного состояния модели с помощью МКЭ.	2	Л.р. 3 Решение задачи исследования напряженно-деформированного состояния объемных конструкций	2	1	ЗЛР	2
4			Л.р. 4 Решение задачи исследования напряженно-деформированного состояния тонкостенных конструкций	2	4	ЗЛР Т	2 7
5	4. Валидация граничных условий модели и полученных результатов.	2	Л.р. 5 Исследование влияния размера и порядка конечного элемента на результаты анализа напряженно-деформированного состояния	2	1	ЗЛР	2
6			Л.р. 6 Исследование влияния граничных условий на результаты анализа напряженно-деформированного состояния	2	1	ЗЛР	2
7	5. Анализ напряженно-деформированного состояния твердотельных моделей и оболочек. 6. Анализ НДС сварных конструкций.	1 1	Л.р. 7 Моделирование напряженно-деформированного состояния растяжения-сжатия	2	1	ЗЛР	2
8			Л.р. 8 Моделирование напряженно-деформированного состояния изгиба	2	4	ЗЛР Т ПКУ	2 7 30
Модуль 2							
9	7. Анализ сборочных единиц с учетом соединений и контактов	2	Л.р. 9 Моделирование напряженно-деформированного состояния кручения	2	1	ЗЛР	2
10			Л.р. 10 Решение контактных задач	2	1	ЗЛР	2
11	8. Определение усталостной долговечности конструкций	2	Л.р. 11 Анализ разъемных соединений	2	4	ЗЛР Т	2 8
12			Л.р. 12 Анализ сварных конструкций	2	1	ЗЛР	2
13	9. Проектирование корпусных деталей механизмов и машин	2	Л.р. 13 Анализ усталостной долговечности конструкций	2	1	ЗЛР	2
14			Л.р. 14 Решение комплексной задачи анализа НДС сборочной единицы	2	1	ЗЛР	2
15			Л.р. 14 Решение комплексной задачи анализа НДС сборочной единицы	2	5	ЗЛР Т ПКУ	2 8 30
1-15	Выполнение курсового проекта (работы)				36		
16-18					36	ПА (экзамен)	40
	Итого	14		30	100		100

Принятые обозначения:

Текущий контроль –

Т – Тестовое задание;

ЗЛР – защита лабораторной работы;

ПКУ – промежуточный контроль успеваемости.

ПА - Промежуточная аттестация.

Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

Экзамен, дифференцированный зачет

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

2.3 Требования к курсовой работе

Целью курсового проектирования является формирование у специалиста технической компетентности в области расчета и анализа напряженно-деформированного состояния деталей и узлов механизмов и машин

Типовое задание на курсовое проектирование предполагает расчет и анализ напряженно- деформированного состояния сборочной единицы механизма или машины.

Примерная тематика курсовых проектов (работ) хранится на кафедре.

Курсовая работа включает в себя пояснительную записку и графическую часть.

Объем пояснительной записки составляет 25-30 страниц и включает:

1) теоретическую часть – описание сборочной единицы механизма, определение нагрузочных характеристик, описание методики проведения расчетов и анализа;

2) практическую часть – разработка трёхмерной модели исследуемой сборочной единицы, формирование конечно-элементной модели исследуемой сборочной единицы, задание нагрузочных характеристик и условий закрепления, анализ напряженно-деформированного состояния, разработка рекомендаций по изменению геометрических параметров и нагрузочных характеристик исследуемой сборочной единицы.

Объем графической части курсовой работы составляет 3 листа формата А1 содержащий трехмерную и конечно-элементную модели исследуемой сборочной единицы, результаты расчета, рекомендации по изменению геометрических параметров и нагрузочных характеристик исследуемой сборочной единицы.

Перечень этапов выполнения курсовой работы и количества баллов за каждый из них представлен в таблице.

Этап выполнения	Минимум	Максимум
Описание сборочной единицы механизма, определение нагрузочных характеристик, описание методики проведения расчетов и анализа	4	8
Разработка трёхмерной модели исследуемой сборочной единицы, формирование конечно-элементной модели исследуемой сборочной единицы	6	10
Задание нагрузочных характеристик и условий закрепления	6	10
Анализ напряженно-деформированного состояния	8	12
Разработка рекомендаций по изменению геометрических параметров и нагрузочных характеристик исследуемой сборочной единицы	8	12
Оформление пояснительной записки	4	8
Итого за выполнение курсовой работы	36	60
Защита курсовой работы	15	40

Итоговая оценка курсового проекта (работы) представляет собой сумму баллов за его выполнение и защиту и выставляется в соответствии со шкалой:

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий			Всего часов
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	Мультимедиа	Темы 1-9			14
2	С использованием ЭВМ			Л.р. 1-14	30
	ИТОГО	14		30	44

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к экзамену	1
2	Экзаменационные билеты	1
3	Вопросы к защите лабораторных работ	14
4	Тестовые (контрольные) задания	4
5	Перечень тем курсовых работ	1

5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
ПК-3. Способен использовать средства автоматизации расчета и проектирования для выполнения технического задания.			
<i>ИПК-3.3. Использует специализированные программные продукты для оптимизации проектируемых изделий</i>			
	Пороговый уровень	Знание основных методов определения напряженно-деформированного состояния объектов	Умение реализовать расчет деталей и сборочных единиц машин и механизмов методом конечных элементов с использованием специализированного программного обеспечения
	Продвинутый уровень	Анализ напряженно-деформированного состояния объектов	Способность интерпретировать результаты расчета деталей и сборочных единиц машин и механизмов методом конечных элементов
	Высокий уровень	Оценка напряженно-деформированного состояния объектов	Умение производить оценку результатов расчета деталей и сборочных единиц машин и механизмов методом конечных элементов

5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
ПК-3. Способен использовать средства автоматизации расчета и проектирования для выполнения технического задания.	
Умение реализовать расчет деталей и сборочных единиц машин и механизмов методом конечных элементов с использованием специализированного программного обеспечения	Экзаменационные билеты Вопросы к защите лабораторных работ Тестовые (контрольные) задания
Способность интерпретировать результаты расчета деталей и сборочных единиц машин и механизмов методом конечных элементов	Экзаменационные билеты Вопросы к защите лабораторных работ Тестовые (контрольные) задания
Умение производить оценку результатов расчета деталей и сборочных единиц машин и механизмов методом конечных элементов	Экзаменационные билеты Вопросы к защите лабораторных работ Тестовые (контрольные) задания

5.3 Критерии оценки лабораторных работ

Каждая выполненная лабораторная работа защищается студентом индивидуально путем ответа на задаваемые преподавателем вопросы (в количестве 3-6 шт.).

Лабораторная работа оценивается до 2 баллов в соответствии с приведенной шкалой. При этом баллы начисляются за ее защиту в зависимости от уровня знаний студентом теоретического материала по теме работы, выполненной практической (расчетной) части и выводам по результатам расчетов.

Шкала критериев оценки лабораторных работ

Баллы	Требования к знаниям
2	Студент дает правильные ответы на 75...100 % заданных вопросов
1	Студент дает правильные ответы на 50...75 % заданных вопросов

Если работа выполнена, но не защищена, то баллы по ней не начисляются, а она попадает в разряд задолженностей.

Критерии оценки тестового задания

Тестовые задания проводятся через платформу moodle.

Тестовые задания включают в себя вопросы по темам лекционного курса и проводятся на 4-ой, 8-ой, 11-ой и 15-ой неделях в соответствии с таблицей 2.2.

Тестовое задание включает в себя от 10 до 20 вопросов.

Каждое тестовое задание оценивается до 7-8 баллов, которые начисляются в зависимости от количества правильных ответов на вопросы в соответствии со шкалой

Шкала критериев оценки тестового задания

Баллы	Количество правильных ответов на вопросы
8	100% правильных ответов
7	85% правильных ответов
6	60% правильных ответов
5	50% правильных ответов
4	40% правильных ответов
3	30% правильных ответов
2	20% правильных ответов
1	10% правильных ответов
0	Отсутствие правильных ответов

5.4 Критерии оценки курсовой работы

Выполненная курсовая работа проходит процедуру защиты в комиссии, в составе 2 – 3 преподавателей кафедры «Основы проектирования машин». Итоговая оценка по курсовой работе выставляется на основании комплексной оценки проекта в баллах, включающей:

- оценку доклада студента – до 10 баллов;
- отсутствия ошибок в пояснительной записке – до 5 баллов;
- соответствия оформления пояснительной записки и графической части требованиям ЕСКД – до 5 баллов
- ответа студента на заданные вопросы – до 20 баллов..

5.5 Критерии оценки экзамена

Экзамен проводится в виде тестового задания с использованием системы moodle.

В тестовом задании студенту предлагается ответить на 40-50 вопросов по курсу. Итоговый балл полученный при сдаче экзамена зависит от количества правильных ответов на заданные вопросы в соответствии со шкалой.

Шкала критериев оценки экзамена

Баллы	Количество правильных ответов на вопросы
35-40	85-100 % правильных ответов
30-35	75-84 % правильных ответов
25-30	62-74 % правильных ответов
20-25	50-61 % правильных ответов
15-20	38-49 % правильных ответов
10-15	25-37 % правильных ответов
5-10	12-24 % правильных ответов
1-5	1-11 % правильных ответов
0	Отсутствие правильных ответов

Экзамен считается сдан, если при сдаче экзамена итоговый балл составит не менее 15.

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРС включает следующие виды самостоятельной работы студентов:

- подготовку к защите лабораторных работ;
- подготовку к тестовым заданиям;
- подготовку к защите курсовой работы;
- подготовку к экзамену.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов приведен в приложении и хранится на кафедре.

Для СРС рекомендуется использовать источники, приведенные в п. 7.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Трушин, С. И. Строительная механика: метод конечных элементов : учеб. пособие / С.И. Трушин. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 305 с	Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области строительства в качестве учебного пособия для подготовки бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство», магистров по направлению 08.04.01 «Строительство» и специалистов по направлению 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»	https://znanium.com/catalog/document?id=342533

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Самогин, Ю. Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов / Самогин Ю.Н., Хроматов В.Е., Чирков В.П. - Москва :Физматлит, 2012. - 200 с.	Допущено Министерством образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, изучающих дисциплины «Сопротивление материалов», «Механика материалов и конструкций»	https://znanium.com/catalog/document?id=61429

7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

1. <https://cccp3d.ru/>
2. <https://cae-club.ru/forum>
3. <https://sapr.ru/>

7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам

7.4.1 Методические рекомендации

1. Численные методы расчета в инженерных задачах. Методические указания к лабораторным работам для студентов направления подготовки 15.03.03 Прикладная механика: – Могилев, Белорусско-Российский университет. (электронный вариант).

2. Численные методы расчета в инженерных задачах. Методические указания к курсовой работе для студентов направления подготовки 15.03.03 Прикладная механика: – Могилев, Белорусско-Российский университет. (электронный вариант).

7.4.2 Информационные технологии

Мультимедийные презентации:

- Тема 1 - Основные численные методы теории упругости и механики разрушения.
Тема 2 – Прикладное программное обеспечение, реализующее МКЭ.
Тема 3 – Алгоритм оценки напряженно-деформированного состояние модели с помощью МКЭ.
Тема 4 – Валидация граничных условий модели и полученных результатов.
Тема 5 – Анализ напряженно-деформированного состояния твердотельных моделей и оболочек.
Тема 6 – Анализ напряженно-деформированного состояния сварных конструкций.
Тема 7 – Анализ сборочных единиц с учетом соединений и контактов.
Тема 8 – Определение усталостной долговечности конструкций.
Тема 9 - Проектирование корпусных деталей механизмов и машин.

7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

Лицензионные:

Тема 1-9 - Ansys – программный комплекс, предназначенный для решения задач в различных областях инженерной деятельности (*лицензионное*).

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории кафедры «Основы проектирования машин» «802» рег. номер ПУЛ-4.503-803/07-23.

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА В ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧАХ

(наименование дисциплины)

АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 15.03.03 Прикладная механика

Направленность (профиль) Компьютерный инжиниринг

	Форма обучения
	Очная
Курс	4
Семестр	7
Лекции, часы	14
Лабораторные занятия, часы	60
Курсовая работа, семестр	7
Экзамен, семестр	7
Контактная работа по учебным занятиям, часы	74
Самостоятельная работа, часы	70
Всего часов / зачетных единиц	144/4

1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является формирование специалистов, умеющих обоснованно и результативно применять комплекс знаний, умений и навыков по расчету и анализу напряженно-деформированного состояния деталей и конструкций машин и механизмов.

2. Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

знать:

- роль и место современных численных методов при решении инженерных задач в сфере профессиональной деятельности;
- основные численные методы теории упругости и механики разрушения;
- принципы, лежащие в основе математических моделей теории упругости и механики разрушения;
- прикладное программное обеспечение для решения типовых задач методом конечных элементов.

уметь:

- использовать программное обеспечение реализующее расчет напряженно-деформированного состояния деталей и узлов механизмов и машин методом конечных элементов;
- анализировать результаты расчета деталей и узлов механизмов методом конечных элементов.

владеть:

- навыками использования прикладного программного обеспечения, реализующего метод конечных элементов, для анализа напряженно-деформированного состояния деталей и узлов механизмов при решении конструкторских задач.

3. Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

ПК-3. Способен использовать средства автоматизации расчета и проектирования для выполнения технического задания.

4. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются мультимедийные занятия (лекционные занятия) а также занятия с использованием ЭВМ (лабораторные занятия).