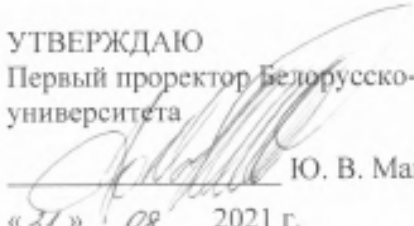


Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Белорусско-Российского
университета

 Ю. В. Машин
«31» 08 2021 г.

Регистрационный № УД-130302/6.1.025/p

РАСЧЕТЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Направленность (профиль) Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	3
Семестр	6
Лекции, часы	16
Лабораторные занятия, часы	34
Зачет, семестр	6
Контактная работа по учебным занятиям, часы	50
Самостоятельная работа, часы	58
Всего часов / зачетных единиц	108 / 3

Кафедра-разработчик программы: Транспортные и технологические машины

Составитель: Ю. С. Романович, ст. преп.

Могилев, 2021

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы (уровень бакалавриата) № 915 от 07.08.2020 г., учебным планом рег. № 230302-3 от 30.08.2021 г.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Транспортные и технологические машины» «30» 08.2021 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  И. В. Лесковец

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

«30» 08. 2021 г., протокол № 1.

Зам. председателя
Научно-методического совета

 С. А. Сухоцкий

Рецензент:

Начальник отдела механизации, энергетики
и охраны труда РУП «Могилевавтодор»

О. В. Борисенко

Ведущий библиотекарь

 Р. Н. Кузнецов

Начальник учебно-методического
отдела

 В. А. Кемова

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 расчёту и анализу напряжённо-деформированного состояния деталей и конструкций, применяемых в строительных, дорожных и подъёмно-транспортных машинах.

1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен **знать:**

- постановку задачи метода конечных элементов (МКЭ);
- основные этапы решения задачи МКЭ;
- программные комплексы, реализующие МКЭ;

уметь:

- моделировать напряженно-деформированное состояние металлоконструкций с помощью программного обеспечения реализующего МКЭ;
- анализировать поля напряжений, деформаций и перемещений конструкций машин;

владеть:

- навыками использования программных комплексов, реализующих метод конечных элементов, для анализа напряженно-деформированного состояния металлоконструкций при решении конструкторских задач.

1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к блоку 1 «Дисциплины (модули)», (обязательная часть блока 1).

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

- математика;
- теоретическая механика;
- строительная механика и металлические конструкции;
- сопротивление материалов;
- основы теории упругости.

Кроме того, знания, полученные при изучении дисциплины на аудиторных лекционных и лабораторных занятиях используются при прохождении конструкторской и преддипломной практики, а также при подготовке выпускной квалификационной работы.

1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующей компетенций:

Код формируемой компетенций	Наименование формируемой компетенции
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

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. Программное обеспечение, реализующее МКЭ	Реализация метода конечных элементов (МКЭ) в современных программных комплексах, обеспечивающих работу конструктора. Примеры программного обеспечения и их классификация. Типы решаемых задач с помощью МКЭ	ОПК-1
2	Алгоритм определения напряжённо-деформированного состояния конструкции	Этапы исследования напряженно-деформированного состояния, с помощью программного обеспечения, реализующего МКЭ. Формирование граничных условий для решения задачи. Типы конечных элементов, используемых в современном программном обеспечении.	ОПК-1
3	Валидация граничных условий модели	Факторы, влияющие на получение точного результата при решении прикладных задач с использованием МКЭ. Влияние типа и размера конечного элемента на результат. Граничные условия. Оценка погрешности расчета	ОПК-1
4	Анализ НДС сварных конструкций	Исследование напряженно-деформированного состояния сварных металлоконструкций. Возможности программного обеспечения. Этапы решения задачи. Анализ полученных результатов	ОПК-1
5	Алгоритм определения усталостной долговечности металлоконструкции	Исследование усталостной долговечности сварных металлоконструкций. Формулировка задачи применительно к МКЭ. Основные термины и определения. Этапы решения задачи.	ОПК-1
6	Определение усталостной долговечности на стадии проектирования	Исследование усталостной долговечности сварных металлоконструкций. Возможности программного обеспечения. Оценка усталостной долговечности металлоконструкции скрепера. Анализ полученных результатов.	ОПК-1
7	Алгоритм проектирования сварных металлоконструкций ПТМ и СДМ	Проектирование сварных металлоконструкций подъемно-транспортных машин. Возможности программного обеспечения. Этапы решения задачи. Анализ полученных результатов.	ОПК-1

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. Программное обеспечение, реализующее МКЭ	2	Л.р. 1 – Настройки программного комплекса ANSYS Workbench	2	2	ЗЛР	3
2			Л.р. 2 – Методика анализа конструкций методом конечных элементов	2	3	ЗЛР	3
3	2. Алгоритм определения напряжённо-деформированного состояния конструкции	2	Л.р. 3 – Решение задач с помощью объемных конечных элементов	2	3	ЗЛР	3
4			Л.р. 4 – Решение задач с помощью оболочечных конечных элементов	2	3	ЗЛР	3
5	3. Валидация граничных условий модели	2	Л.р. 5 – Решение задач анализа плоскодеформированного состояния конструкций	2	3	ЗЛР	3
6			Л.р. 6 – Исследование влияния размера и порядка конечного элемента на результаты анализа НДС	2	3	ЗЛР КР	3 6
7	4. Анализ НДС сварных конструкций	2	Л.р. 7 – Влияние граничных условий на результаты анализа НДС	2	3	ЗЛР	3
8			Л.р. 8 – Исследование концентрации напряжений при растяжении	2	3	ЗЛР ПКУ	3 30
Модуль 2							
9	5. Алгоритм определения усталостной долговечности металлоконструкции	2	Л.р. 9 – Решение контактных задач. Посадки с натягом.	2	3	ЗЛР	3
10			Л.р. 10 – Анализ болтовых соединений	2	4	КР	6
11	6. Определение усталостной долговечности на стадии проектирования	2	Л.р. 10 – Анализ болтовых соединений	2	4	ЗЛР	3
12			Л.р. 11 – Частотный (модальный) анализ конструкций	2	4	ЗЛР	3
13	6. Определение усталостной долговечности на стадии проектирования	2	Л.р. 12 – Статический анализ конструкций из нелинейных материалов	2	4	ЗЛР	3
14			Л.р. 13 – Параметрическая оптимизация конструкций	2	4	КР	6
15	7. Алгоритм проектирования сварных металлоконструкций ПТМ и СДМ		Л.р. 13 – Параметрическая оптимизация конструкций	2	4	ЗЛР	3
16			Л.р. 14 – Комплексный анализ сборочных единиц	2	4		
17			Л.р. 14 – Комплексный анализ сборочных единиц	2	4	ЗЛР ПКУ ПА (зачет)	3 30 40
	Итого	16		34	58		100

Принятые обозначения:

Текущий контроль –

КР – контрольная работа;

ЗЛР – защита лабораторной работы;

ПКУ – промежуточный контроль успеваемости;

ПА – Промежуточная аттестация.

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

Зачет

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	51-100	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	1 – 8			16
2	С использованием ЭВМ			1 – 14	34
	ИТОГО	16		34	50

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 зачету	1
2	Задания к контрольным работам	1
3	Вопросы к защите лабораторных работ	1

5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности			
ОПК 1.1 Использует основные законы естественнонаучных дисциплин, правила построения технических схем и чертежей; Знает принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технических процессов			
1	Пороговый уровень	Понимает основы метода конечных элементов. Знает основные принципы построения расчетных схем, выбора граничных условий и типов нагрузок	Умеет составлять расчетные схемы для анализа методом конечных элементов. Знает отличительные особенности типов конечных элементов. Умеет выбирать необходимый шаблон ANSYS Workbench для выполнения требуемого вида анализа конструкции. Составляет отчет об исследовании с помощью текстового процессора
2	Продвинутый уровень (применение, анализ)	Понимает алгоритмы и принципы работы программных комплексов, реализующих метод конечных элементов. Понимает алгоритмы и принципы	Выполняет смену и настройку параметров решателя в программном комплексе ANSYS Workbench при исследовании напряженно-

		построения расчетных сеток. Понимает принцип выбора решателя для решения задачи методом конечных элементов	деформированного состояния. Использует глобальные и локальные настройки сеточного генератора для построения расчетной сетки приемлемого качества. Использует шаблоны текстового редактора для оформления отчета по результатам исследования НДС. Выявляет и устраняет причины сбоя решателя программного комплекса ANSYS Workbench
3	Высокий уровень (синтез, оценка)	Синтезирует расчетные схемы для междисциплинарных исследований конструкций	Выполняет исследование напряженно-деформированного состояния конструкции при динамическом и статическом нагружении, оценивает его погрешность. Комбинирует расчетные шаблоны для выполнения междисциплинарных исследований. Формирует отчет по лабораторной работе встроенными средствами программного комплекса ANSYS Workbench и импортирует его в текстовый редактор. Формирует и использует собственные библиотеки моделей материалов

5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетеchnические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	
Умеет составлять расчетные схемы для анализа методом конечных элементов. Знает отличительные особенности типов конечных элементов. Умеет выбирать необходимый шаблон ANSYS Workbench для выполнения требуемого вида анализа конструкции. Составляет отчет об исследовании с помощью текстового процессора	Вопросы к защите лабораторных работ Задания к контрольным работам
Выполняет смену и настройку параметров решателя в программном комплексе ANSYS Workbench при исследовании напряженно-деформированного состояния. Использует глобальные и локальные настройки сеточного генератора для построения расчетной сетки приемлемого качества. Использует шаблоны текстового редактора для оформления отчета по результатам исследования НДС. Выявляет и устраняет причины сбоя решателя программного комплекса ANSYS Workbench	Вопросы к защите лабораторных работ Задания к контрольным работам
Выполняет исследование напряженно-деформированного состояния конструкции при динамическом и статическом нагружении, оценивает его погрешность. Комбинирует расчетные шаблоны для выполнения междисциплинарных исследований. Формирует отчет по лабораторной работе встроенными средствами программного комплекса ANSYS Workbench и импортирует его в текстовый редактор. Формирует и использует собственные библиотеки моделей материалов	Вопросы к защите лабораторных работ Задания к контрольным работам

5.3 Критерии оценки лабораторных работ

Выполнение лабораторных работ оценивается 3 баллами и включает выполнение работы – до 1 балла, составление отчета – до 1 балла, защита лабораторной работы (устные ответы на контрольные вопросы) – до 1 балла.

5.3 Критерии оценки контрольных работ

Максимальное количество баллов 6 студент получает, если правильно ответил на все поставленные вопросы. Минимальная оценка за выполнение контрольной работы составляет 1 балл.

5.4 Критерии оценки зачета

К зачету допускаются студенты, набравшие в течение семестра 36 и более баллов. Зачетное задание состоит из 5 вопросов (задач). За полный правильный ответ (решенную задачу) студент получает 8 баллов. Минимальное количество баллов, необходимых для получения зачета, составляет 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:

- решение и анализ кейсов (ситуационных производственных, профессиональных задач);

- выполнение тестовых заданий;

- работа с материалами курса, вынесенными на самостоятельное изучение;

- работа со справочной литературой;

- решение задач и упражнений по образцу;

Контроль самостоятельной работы студентов:

- уровень усвоения студентом учебного материала;

- умение студента использовать теоретические знания при выполнении практических, творческих заданий;

- обоснованность и четкость изложения ответа;

- оформление письменных работ в соответствии с предъявляемыми требованиями;

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, 2017. – 305 с.	Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области строительства в качестве учебного пособия	znanium.com

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Берлинер, Э. М. САПР конструктора-машиностроителя: учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва: Форум: Инфра-М, 2015. – 288 с.	Доп. УМО вузов РФ по образованию в обл. трансп. и трансп.-технол. комплексов в качестве учебника для студ. вузов	znanium.com
2	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 РФ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений	znanium.com
3	Присекин, В. Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел: учебник / В. Л. Присекин, Г. И. Расторгуев. – Новосибирск: НГТУ, 2010. – 238 с.	–	znanium.com

7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

<https://magicdpcd.ru/>
<https://cae-expert.ru/>
<https://cae-club.ru/>
<https://www.youtube.com/user/ANSYSHowToVideos>
<https://www.youtube.com/channel/UC7nBCgEhZRsf8HcFMdNi1lQ> (ANSYS Learning)

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 Расчеты методом конечных элементов. Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов направления подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» очной формы обучения / Составитель Ю. С. Романович. – Могилев: БРУ. – 2020. – 48 с.

7.4.2 Информационные технологии

Презентации

Тема 1 – Введение. Программное обеспечение, реализующее МКЭ.

Тема 2 – Алгоритм определения напряженно-деформированного состояния конструкции.

Тема 3 – Валидация граничных условий модели.

Тема 4 – Анализ НДС сварных конструкций.

Тема 5 – Алгоритм определения усталостной долговечности металлоконструкции.

Тема 6 – Определение усталостной долговечности на стадии проектирования.

Тема 7 – Алгоритм проектирования сварных металлоконструкций ПТМ и СДМ.

7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

ANSYS Workbench (лицензия Academic Research)

Apache OpenOffice (свободное)

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории информатики, рег. номер ПУЛ-4.203-203а/1-20.

РАСЧЕТЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Направленность (профиль) Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	3
Семестр	6
Лекции, часы	16
Лабораторные занятия, часы	34
Зачет, семестр	6
Контактная работа по учебным занятиям, часы	50
Самостоятельная работа, часы	58
Всего часов / зачетных единиц	108 / 3

1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является формирование специалистов, умеющих обоснованно и результативно применять комплекс знаний, умений и навыков по расчёту и анализу напряжённо-деформированного состояния деталей и конструкций, применяемых в строительных, дорожных и подъёмно-транспортных машинах.

2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

знать:

- постановку задачи метода конечных элементов (МКЭ);
- основные этапы решения задачи МКЭ;
- программные комплексы ЭВМ, реализующие МКЭ;

уметь:

- моделировать напряженно-деформированное состояние металлоконструкций с помощью программного обеспечения реализующего МКЭ;
- анализировать поля напряжений, деформаций и перемещений конструкций машин;

владеть:

- навыками использования программных комплексов реализующих метод конечных элементов для анализа напряженно-деформированного состояния металлоконструкций при решении конструкторских задач.

3 Требования к освоению учебной дисциплины

ОПК-1 – Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

4 Образовательные технологии:

мультимедиа, с использованием ЭВМ