

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Ивановский государственный политехнический университет"

УТВЕРЖДАЮ

Директор института _____

_____ 2026 г.

**Вычислительные комплексы на основе метода
конечных элементов для прочностного расчета
конструкций подъемно-транспортных,
строительных, дорожных машин**

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	МиРЭ (Мехатроники и радиоэлектроники)		
Учебный план	23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства		
Специализация	Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование		
Квалификация	инженер		
Форма обучения	очная		
Общая трудоемкость	2 ЗЕТ		
Часов по учебному плану	64	Виды контроля в семестрах: зачет, 7 семестр	
в том числе:			
аудиторные занятия	44		
самостоятельная работа	20		

**Распределение часов дисциплины
по семестрам**

Семестр	7		Итого	
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Практические	28	28	28	28
Итого ауд.	44	44	44	44
Контактная работа	44	44	44	44
Сам. работа	20	20	20	20
Часы на контроль				
Итого	64	64	64	64

Программу составил(и):

Ершов С.В., доцент, _____

Рецензент(ы):

Пахотина И.Н., доцент, _____

Рабочая программа дисциплины

**Вычислительные комплексы на основе метода конечных элементов для прочностного расчета конструкций
подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин**

Разработана в соответствии с ФГОС ВО

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - специалитет по специальности
23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства. Утвержден приказом Министерства науки и высшего
образования Российской Федерации от 11 августа 2020 г. N 935

составлена на основании учебного плана

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

утвержденного ученым советом вуза от 26.03.2026 протокол №6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

МиРЭ (Мехатроники и радиоэлектроники)

Зав. кафедрой Р.Р. Алёшин _____

Согласовано

Зав. выпускающей кафедрой МиРЭ Алёшин Р.Р. _____

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
Цели:	изучение основных положений метода конечных элементов и формирование у обучающихся умений и навыков практической работы в программных комплексах, предназначенных для прочностного расчёта конструкций ПТСДМ.
Задачи:	теоретическая и практическая подготовка в области применения САПР при проектировании ПТСДМ; выработка практических навыков использования пакетов прикладных программ для расчета на прочность конструкций ПТСДМ; освоение методов расчета и оптимизации конструкций ПТСДМ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О.03.13
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
	Обучающемуся, приступающему к изучению дисциплины "Вычислительные комплексы на основе МКЭ для прочностного расчета конструкций ПТСДМ", необходимо: знание сопротивления материалов и технической механики, основ конструирования деталей машиностроительного назначения; умение выбирать машиностроительные материалы в соответствии с их структурой, механическими и технологическими свойствами, работать с прикладными программами в операционной среде персонального компьютера; владение программными средствами решения вычислительных задач и инструментами инженерной графики. Дисциплина "Вычислительные комплексы на основе МКЭ для прочностного расчета конструкций ПТСДМ" базируется на результатах изучения дисциплин "Математика", "Информационные технологии в профессиональной деятельности", "Сопротивление материалов", "Системы автоматизированного проектирования ПТСДСиО", "Строительная механика и металлические конструкции ПТСДМ".
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
	"Теория и проектирование ПТСДСиО", "Производственная практика (научно-исследовательская работа)", выполнение выпускной квалификационной работы

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ	
ОПК-1:Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей	
ОПК-1.1. Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их)уравнения(й)	
ОПК-1.2. Выбор базовых физических законов для решения задач профессиональной деятельности	
ОПК-1.5. Решение инженерно-геометрических задач графическими способами	
ОПК-5:Способен применять инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение при расчете, моделировании и проектировании технических объектов и технологических процессов	
ОПК-5.1. Решение инженерных задач с помощью прикладных компьютерных графических программ	
ОПК-5.2. Разрабатывает алгоритмы решения прикладных задач с использованием математических и современных аналитических методов	
ПК-6:Способен использовать прикладные программы расчета узлов, агрегатов и систем транспортно-технологических средств и их технологического оборудования	
ПК-6.1. Владение умениями и навыками по использованию прикладных программ для расчёта узлов, агрегатов и систем транспортно-технологических средств и их технологического оборудования	
ПК-6.2. Анализ опыта проведения расчетов с учетом соответствующей методики и условий эксплуатации	
В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:	
Знать:	- основы геометрического твердотельного моделирования деталей и конструкций ПТСДМ; - основы расчета на прочность конструкций ПТСДМ с использованием МКЭ; - расширенные средства геометрического моделирования конструкций ПТСДМ.
Уметь:	- формировать расчетную деталь или узел в виде конечно-элементной модели; - проводить линейный и статический анализ конструкций ПТСДМ; - проводить нелинейный и динамический анализ конструкций ПТСДМ; - решать контактные задачи.
Владеть:	- навыками проведения необходимых расчетов конструкций ПТСДМ с использованием МКЭ; - умением изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты прочностных расчтов конструкций ПТСДМ; - используя современные технические средства владеть навыками решения комплексных задач проектирования конструкций ПТСДМ.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
Раздел 1. Основные этапы численного исследования прочности конструкций. Тема 1. Построение физической модели; Тема 2. Построение математической модели; Тема 3. Исследование модели и анализ полученных результатов.			
/Лек/	7	1	
/Пр/	7	4	
/СР/	7	2	
Раздел 2. Матричная форма записи основных соотношений теории упругости. Тема 1. Плоские (двумерные) задачи; Тема 2. Основные соотношения между напряжениями, деформациями и температурой; Тема 3. Соотношения между деформациями и смещениями; Тема 4. Уравнения равновесия; Тема 5. Граничные условия.			
/Лек/	7	1	
/Пр/	7	4	
/СР/	7	4	
Раздел 3. Идея и область применения метода конечных элементов. Тема 1. Основные понятия; Тема 2. Конечные элементы; Тема 3. Построение сетки конечных элементов; Тема 4. Граничные условия; Тема 5. Точность результатов.			
/Лек/	7	2	
/Пр/	7	4	
/СР/	7	2	
Раздел 4. Типы конечных элементов. Тема 1. Линейный упругий элемент. Матрица жесткости; Тема 2. Система упругих элементов. Матрица жесткости системы элементов; Тема 3. Примеры.			
/Лек/	7	2	
/Пр/	7	2	
/СР/	7	2	
Раздел 5. Стержневой элемент. Тема 1. Матрица жесткости стержневого элемента; Тема 2. Учет распределенной нагрузки; Тема 3. Произвольное расположение элементов на плоскости; Тема 4. Произвольное расположение элементов в пространстве.			
/Лек/	7	2	
/Пр/	7	2	
/СР/	7	2	
Раздел 6. Балочный элемент. Тема 1. Матрица жесткости; Тема 2. Примеры.			
/Пр/	7	4	
/Лек/	7	2	
/СР/	7	2	
Раздел 7. Плоские задачи. Конечные элементы для плоских задач. Тема 1. Функции формы конечных элементов и матрица жесткости; Тема 2. Линейный плоский треугольный элемент; Тема 3. Квадратичный треугольный элемент; Тема 4. Линейный четырехугольный элемент; Тема 5. Квадратичный четырехугольный элемент; Тема 6. Преобразование нагрузки.			
/Лек/	7	2	
/Пр/	7	2	
/СР/	7	2	
Раздел 8. Основные стадии решения задач методом конечных элементов. Тема 1. Построение модели; Тема 2. Построение сетки; Тема 3. Приложение нагрузок и получение решения; Тема 4. Обработка и сохранение результатов.			
/Лек/	7	2	
/Пр/	7	2	
/СР/	7	2	
Раздел 9. Примеры решения практических задач. Тема 1. Стержневые и балочные конструкции; Тема 2. Статический анализ уголкового кронштейна; Тема 3. Толстостенный цилиндр под внутренним давлением.			
/Лек/	7	2	

Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
/Пр/	7	4	
/СР/	7	2	
/За/	7	0	

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках внутренней системы оценки качества подготовки для текущего контроля и промежуточной аттестации в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся (очной формы обучения).

При изложении теоретического материала используются мультимедийные технические средства и иллюстративные материалы. Лекционный материал закрепляется в ходе практических занятий, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме.

При проведении практических занятий используются активные и интерактивные методы обучения с использованием электронных образовательных ресурсов. Занятия проводятся в компьютерном классе. Все практические задания выполняются на персональных компьютерах с применением современного программного обеспечения и информационных технологий. Каждое выполненное обучающимся задание сдается для проверки преподавателю в установленное графиком работ время. Это обеспечивает необходимую организованность со стороны обучающихся, позволяет преподавателю оценить выполненные задания, а обучающимся при необходимости исправить отмеченные недостатки.

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой обучающихся, которая включает изучение теоретического материала, подготовку к практическим занятиям и к зачету.

При реализации образовательной программы в университете применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии. Для проведения аудиторной и внеаудиторной контактной работы используются технологии видеоконференцсвязи. Для проведения всех видов занятий используется электронная информационно-образовательная среда вуза.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости в течение семестра и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины (зачет).

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация проводятся на основе утвержденного вузом фонда оценочных средств, включающего типовые задачи и контрольные вопросы, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций. Для стимулирования систематической аудиторной и самостоятельной работы обучающихся в течение семестра применяется балльно-рейтинговая система. Для каждого вида проверочных работ назначается количество баллов. В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются устная и письменная проверка усвоенных знаний обучающихся по выполненным практическим работам и зачет. В течение семестра обучающиеся должны набрать от 0 до 50 баллов, за итоговое испытание - также от 0 до 50 баллов. Рейтинговые баллы, полученные в семестре и на зачете, складываются и определяют итоговую оценку: оценке «зачтено» соответствует число баллов от 51 до 100; оценке «незачтено» соответствует число баллов от 0 до 50.

Вопросы для проведения текущего контроля успеваемости на практических занятиях:

1. Создание проекта, установка единиц измерения, выбор типа схемы.
2. Автоматизированная генерация плоских ферм.
3. Ввод узлов и операции с узлами (удаление, корректировка координат одного узла и группы узлов, перенос, копирование).
4. Ввод элементов, операции с элементами (удаление, сдвиг, копирование).
5. Установка и корректировка жёстких вставок.
6. Установка и корректировка типов стержневых конечных элементов.
7. Ввод и корректировка опорных закреплений.
8. Задание жесткостных характеристик стержневым элементам в виде параметрических сечений и профилей металлопроката. Корректировка жесткостей.
9. Ввод узловых нагрузок и нагрузок на стержневые конечные элементы. Корректировка и удаление нагрузок. Сохранение загружений. Удаление загружений.
10. Установка параметров статического расчёта и его выполнение.
11. Просмотр результатов статического расчёта – деформированной формы, величин перемещений узлов, усилий в элементах.

Вопросы на промежуточную аттестацию (зачет):

1. Аналитические условия равновесия конструкции и её части. Соппротивление конструкции, условия разрушения конструкции.
2. Дифференциальное уравнение изогнутой оси бруса. Интегрирование дифференциального уравнения. Граничные условия.
3. Принцип возможных перемещений. Работа внутренних усилий, работа внешних нагрузок, полная энергия. Методика прямого приближённого решения.
4. Общий ход решения задач на основе метода конечных элементов. Области применения МКЭ.
5. Типы конечных элементов и области их применения. Характеристики жёсткости конечных элементов.
6. Недостатки МКЭ в перемещениях. Задачи и направления развития МКЭ.
7. Диаграммы работы материала и их программная реализация. Физическая нелинейность и нелинейная упругость.
8. Использование «суперэлементов» в моделях. Подбор параметров и методика расчёта «суперэлементов».
9. Матрица жёсткости элементов. Причины неустойчивости решения задач МКЭ. Причины погрешностей компьютерных моделей.
10. Точность решения одномерных задач. Нелинейные стержневые модели.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1 Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л1.1	Макаров Е.Г.	Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов : учебное пособие для академического бакалавриата. https://urait.ru/bcode/438313 , ,	Москва: Издательство Юрайт, 2019,
Л1.2	Тухфатуллин Б.А.	Численные методы расчета строительных конструкций. Метод конечных элементов : учебное пособие для академического бакалавриата. https://urait.ru/bcode/442338 , ,	Москва: Издательство Юрайт, 2019,
Л1.3	Алямовский А.А.	Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. , ,	М.: ДМК Пресс, 2010,
Л1.4	Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А.	ANSYS в руках инженера: практическое руководство. , ,	М.: Едиториал УРСС, 2003,

7.1.2 Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л2.1	Пантина И.В., Синчуков А.В.	Вычислительная математика: Учебник 2-е изд., перераб. и доп. , ,	М.: Моск. финансово-пром. ун-т "Синергия", 2012,
Л2.2	Валишвили Н.В.	Сопротивление материалов и конструкций : учебник для вузов. https://urait.ru/bcode/433489 , ,	Москва: Издательство Юрайт, 2019,
Л2.3	Дударева Н.Ю., Загайко С.А.	SolidWorks 2009 на примерах. , ,	СПб.: БХВ-Петербург, 2009,
Л2.4	Рекач В.Г.	Руководство к решению задач прикладной теории упругости: учебное пособие 2-е изд. , ,	М.: Высшая школа, 1984,

7.1.3 Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л3.1	Кожевников С.О., Блинов О.В., Ершов С.В.	Синтез и моделирование гидравлического привода строительных машин и оборудования с применением САПР SolidWorks: учебное пособие , ,	Иваново : ИВГПУ, 2019,

7.2. Электронные учебные издания и электронные образовательные ресурсы

E-learning Портал электронного образования ИВГПУ: <https://moodle.ivgpu.ru/>

7.3. Информационное обеспечение дисциплины

7.3.1 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional / Лицензия №49261729 от 04.11.2011, 64714165 от 30.01.2015.
Операционная система Microsoft Windows XP Professional / Лицензия № 42475881 от 13.07.2007.
Офисные приложения Microsoft Office Professional Plus 2007 / Лицензия №64873126 от 03.06.2015, №64714135 от 30.01.2015, бонус к лицензии №64714165 от 30.01.2015.
Офисные приложения Microsoft Office Standart 2013 / Лицензия №64873126 от 03.06.2015.
Прикладное программное обеспечение общего назначения MATLAB R2009b / Лицензия №2524049 от 11.06.2009.
Информационная система для решения специфических отраслевых задач КОМПАС-3D V12 / Акт №МЦ-10-00301 от 12.10.2010.
Информационная система для решения специфических отраслевых задач КОМПАС-3D V15 / Лицензионное соглашение № МЦ-15-00061.
Прикладное программное обеспечение общего назначения Mozilla Firefox / Свободно распространяемое ПО.
Прикладное программное обеспечение общего назначения Adobe Reader / Свободно распространяемое ПО.
Прикладное программное обеспечение общего назначения WinDjView / Свободно распространяемое ПО.

7.3.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

7.3.2.1	ЭБС "Университетская Библиотека Онлайн", https://biblioclub.ru
7.3.2.2	Электронная библиотека ИВГПУ, https://lib.ivgpu.ru/
7.3.2.3	ЭБС издательства "Лань", https://e.lanbook.com/

8. МТО (ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ)

В ходе изучения дисциплины лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной мультимедийным проектором, компьютером преподавателя и подключением к сети "Интернет".

Практические занятия проводятся в компьютерном классе на персональных компьютерах, имеющих подключение к сети "Интернет", с установленным лицензионным и свободно-распространяемым программным обеспечением, необходимым для выполнения работ по дисциплине.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для успешного выполнения всего объема работ, предусмотренных рабочим учебным планом, по дисциплине "Вычислительные комплексы на основе МКЭ для прочностного расчета конструкций ПТСДМ" обучающимся рекомендуется:

- обязательно посещать все виды занятий, а также групповые и индивидуальные консультации в соответствии с установленным расписанием;
- вести рабочую тетрадь с проработкой и заметками по изучаемым вопросам;
- осмысленно (творчески) подходить к самостоятельной работе с источником основной, дополнительной литературой и Интернет-ресурсами, приведёнными в данной рабочей программе;
- для лучшего усвоения материала перед каждым новым занятием знакомиться с учебно-методическими материалами, которые доступны в электронном виде на портале электронного образования ИВГПУ <https://moodle.ivgpu.ru>.

Лекции являются одним из важнейших этапов изучения дисциплины и систематизации знаний у обучающихся. Их необходимо использовать при подготовке к практическим занятиям и зачету.

Практические занятия направлены на закрепление, расширение, углубление знаний, полученных на лекциях, и на выработку самостоятельного творческого мышления у обучающихся. На практических занятиях проводятся последовательное решение задач или выполнение упражнений с применением ранее изученного теоретического материала. После завершения занятия необходимо проверить правильность выполнения работы у преподавателя и отчитаться по пройденной теме.

Самостоятельная работа обучающихся проводится по указанным преподавателям темам и рекомендуемой литературе. Самостоятельная работа обучающегося является основным средством овладения учебным материалом во время, свободное от обязательных учебных занятий. Самостоятельная работа обучающегося над усвоением учебного материала по учебной дисциплине может выполняться в библиотеке университета, учебных кабинетах, а также в домашних условиях. Содержание самостоятельной работы обучающегося определяется рабочей программой дисциплины, методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Можно дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы и использовать их в дальнейшем обучении.

Самостоятельная работа во внеаудиторное время состоит из повторения теоретического материала, подготовки к практическим занятиям, изучения учебной и научной литературы, подготовки к зачету.

Наиболее важным моментом самостоятельной работы является подготовка к промежуточной аттестации – зачету. При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно: внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них; внимательно прочитать рекомендованную литературу; составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

10. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ООП ВО ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Преподавание дисциплины должно учитывать особенности познавательной деятельности и личностной особенности обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалидов (по возможности на лекциях, семинарах, лабораторных работах и т.д.). Учет особенностей обучающихся с инвалидностью в полной мере проявляется на предусмотренных для таких обучающихся индивидуальных консультациях по дисциплине.

Необходимо во время преподавания в общей группе учитывать реальные возможности лиц с ОВЗ и инвалидов. Коррекция методики преподавания для данной группы лиц возможна на индивидуальных занятиях. Преподаватель должен учитывать физиологические особенности обучаемого и разработать рекомендации и приемы выполнения поставленной задачи индивидуально. Возможен подбор индивидуального задания с коррекцией уровня сложности выполняемого задания.

Специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья условия обучения, воспитания и развития таких обучающихся, включающие в себя использование специальных образовательных программ и методов обучения и воспитания, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий, обеспечение доступа в здания организаций, осуществляющих образовательную деятельность, и другие условия, без которых невозможно или затруднено освоение образовательных программ обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение и дистанционные образовательные технологии должны предусматривать возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Необходимо учитывать тот факт, что обучающиеся не всегда имеют физическую возможность посещать занятия. Поэтому целесообразно разрабатывать дистанционную информационную поддержку процесса обучения. Таким средством могут являться обучающие компьютерные фильмы по данной дисциплине, презентации, которые обучающийся может просматривать дома в комфортной среде и без лимита времени.

Обучающиеся из числа лиц с ОВЗ и инвалидов обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

При проведении занятий в компьютерных лабораториях целесообразно использовать проектор для наиболее удобного размещения обучающегося с ОВЗ при изложении материала занятия.