Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.9 Компьютерное моделирование процессов в машиностроении»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.9 Компьютерное моделирование процессов в машиностроении*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов
наименование кафедры

протокол № 8 от « 13 » марта 2026 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов

наименование кафедры *подпись* А.Н. Поляков *расшифровка подписи*

Исполнитель:
доцент каф. ТММСК С.В. Каменев
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

код и наименование *личная подпись* А.Н. Поляков *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов

личная подпись С.А. Биктимирова *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству Аэрокосмического института

личная подпись А.М. Черноусова *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Каменев С. В., 2026
© ОГУ, 2026

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины**:**

формирование у обучающихся комплекса теоретических знаний и практических навыков в области инженерного анализа, необходимых для эффективного использования современных технологий компьютерного моделирования различных объектов профессиональной деятельности.

Задачи:

- ознакомление с современными компьютерными системами инженерного анализа и решаемыми ими задачами, ролью систем инженерного анализа в процессе проектирования и изготовления машиностроительных изделий, перспективами использования систем инженерного анализа;
- изучение возможностей систем инженерного анализа, их классификации, видов инженерного анализа, методов инженерного анализа, основ динамики многотельных систем и метода конечных элементов в их программной реализации, программно-аппаратного обеспечения систем инженерного анализа;
- освоение компьютерных систем инженерного анализа на практике, методов проведения инженерного анализа, методик построения расчетных моделей различных конструкций и проведения их инженерного анализа;
- приобретение навыков работы в конкретных системах инженерного анализа и умения их использовать для решения различных инженерных задач при проектировании средств технологического оснащения производственных процессов.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)».

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.12 Информатика, Б1.Д.Б.13 Информационные технологии и программирование, Б1.Д.Б.19 Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика, Б1.Д.Б.30 Программное обеспечение автоматизированного проектирования.*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют.*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, в разработке структуры и их взаимосвязей	ПК*-1-В-1 Формализует предметную задачу для ее решения с использованием автоматизированных систем моделирования ПК*-1-В-2 Разрабатывает расчетные модели в автоматизированных системах моделирования ПК*-1-В-3 Использует автоматизированные системы моделирования для выявления взаимосвязей параметров, используемых в решаемой предметной задаче	**Знать:** типовые методики построения расчетных моделей проектируемых объектов в автоматизированных системах моделирования с учетом их структуры, ограничений и физической области решаемых предметных задач **Уметь:** разрабатывать математические модели проектируемых объектов с использованием вычислительных методов, реализуемых в автоматизированных системах моделирования **Владеть:** навыками использования автоматизированных систем моделирования для анализа и синтеза проектируемых объектов, характеризуемых множеством параметров, в рамках решаемой предметной задачи

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц (324 академических часа).

Таблица 2 – Структура дисциплины

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	8 семестр	9 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**180**	**324**
Контактная работа:	**15,25**	**16,5**	**31,75**
Лекции (Л)	8	8	16
Практические занятия (ПЗ)	6	8	14
Консультации	1	—	1
Промежуточная аттестация (экзамен, диф. зачет)	0,25	0,5	0,75
Самостоятельная работа: - выполнение контрольной работы (КонтрР); - выполнение индивидуального задания (ИЗ); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала, материала учебников и учебных пособий); - подготовка к практическим занятиям; - самостоятельное изучение разделов 5, 6 и 11.	**128,75** +	**163,5** +	**292,25**
Вид итогового контроля	**экзамен**	**диф. зач.**	

Таблица 3 – Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование раздела	Количество часов			
		всего	аудиторная работа		внеаудит. работа
			Л	ПЗ	
1	Общие сведения о динамике многотельных механических систем	20,75	2	—	18,75
2	Теоретические положения, положенные в основу динамики многотельных механических систем	22	2	—	20
3	Элементы многотельных механических систем	24	2	2	20
4	Программное обеспечение динамики многотельных систем	26	2	4	20
5	Задачи, решаемые на основе динамики многотельных систем	25	—	—	25
6	Общая методология моделирования динамики многотельных систем	25	—	—	25
	Консультация	1	—	—	1
	Промежуточная аттестация (экзамен)	0,25	—	—	0,25
	Итого:	144	8	6	130

Таблица 4 – Разделы дисциплины, изучаемые в 9 семестре

№ раздела	Наименование раздела	Количество часов			
		всего	аудиторная работа		внеаудит. работа
			Л	ПЗ	
7	Введение в метод конечных элементов	28	2	—	26
8	Принципы конечно-элементного анализа	40	2	2	36
9	Практическое использование метода конечных элементов	40	2	4	34
10	Дискретизация решаемой задачи	36	2	2	32
11	Решение конечно-элементных уравнений	35,5	—	—	35,5
	Промежуточная аттестация (диф. зачет)	0,5	—	—	0,5
	Итого:	180	8	8	164
	Всего:	324	16	14	294

4.2 Содержание разделов дисциплины

1 Общие сведения о динамике многотельных механических систем

Назначение динамики многотельных систем или моделирования движения. Моделирование движения в анализе и синтезе механизмов. Совместное использование динамики многотельных систем и метода конечных элементов. Моделирование движения и натурные испытания. Интеграция CAD-моделирования, динамики многотельных систем и конечно-элементного анализа.

2 Теоретические положения, положенные в основу динамики многотельных механических систем

Понятие многотельной динамической системы. Теория динамики многотельной системы. Механизмы как реализация многотельных систем. Механизмы с избыточными связями. Контактные свойства твердых тел.

3 Элементы многотельных механических систем

Звенья (тела). Шарниры. Нагрузки. Приводы. Датчики. Системы координат.

4 Программное обеспечение динамики многотельных систем

Основные этапы моделирования движения механизма в CAE-системах. Группировка деталей и сборочных узлов CAD-модели. Формирование шарниров. Задание начальных условий. Вычисление и анализ результатов.

5 Задачи, решаемые на основе динамики многотельных систем

Кинематические задачи. Динамические задачи. Другие задачи: синтез или проектирование.

6 Общая методология моделирования динамики многотельных систем

Формулировка проблемы. Определение идеализированной модели. Разработка компьютерной модели. Формулировка системы уравнений. Решение уравнений. Постобработка результатов решения. Оценка и формулировка выводов.

7 Введение в метод конечных элементов

Общие сведения о методе конечных элементов (МКЭ). Применение аналитических методов и МКЭ. Краткая история МКЭ. Области применения МКЭ. Алгоритм использования МКЭ. Основные этапы конечно-элементного анализа. Основные типы конечных элементов. Достоинства МКЭ.

8 Принципы конечно-элементного анализа

Основные теоретические положения. Двухмерная задача теории поля. Функции формы. Степени свободы.

9 Практическое использование метода конечных элементов

Обобщенная процедура автоматизированного конечно-элементного анализа. Матрица жесткости. Линейная пружина как конечный элемент. Система из двух пружин. Система из множества элементов. Стержневой (ферменный) элемент. Балочный элемент. Пластинчатый треугольный элемент. Объемный тетраэдрический элемент.

10 Дискретизация решаемой задачи

Дискретная модель решаемой задачи. Генераторы конечно-элементной сетки. Триангуляция Делоне. Повышение качества сетки. Преобразование элементов. Детализация сетки. Сглаживание сетки. Дискретизация по времени.

11 Решение конечно-элементных уравнений

Решение уравнений равновесия в статическом анализе. Решение задач на собственные значения. Решение уравнений равновесия в динамическом анализе.

4.3 Практические занятия

Таблица 5 – Практические занятия, проводимые в курсе дисциплины

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	3, 4	Моделирование движения плоского рычажного механизма	2
2	3, 4	Моделирование движения кулачкового механизма	4
3	8–10	Построение геометрической модели станочного приспособления	4
4	8–10	Построение конечно-элементной модели станочного приспособления	2
5	8–10	Анализ напряженно-деформированного состояния станочного приспособления	2
		Итого:	14

4.4 Контрольная работа

Темой контрольной работы, выполняемой в 9-м семестре, является динамический анализ станочного приспособления программными средствами универсальной CAE-системы, реализующей метод конечных элементов. Работа является логическим продолжением практических заданий, предусмотренных в данном семестре, и выполняется на основе полученных в них результатов.

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

- Лукинских, С. В. Компьютерное моделирование и инженерный анализ в конструкторско-технологической подготовке производства: учебное пособие / С. В. Лукинских; науч. ред. С. С. Кугаевский; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2020. – 171 с.: ил., табл. – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=699062. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7996-3152-9.
- Каменев, С. В. Моделирование многотельных механических систем в «Autodesk Inventor» [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. В. Каменев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург: ОГУ, 2018. – ISBN 978-5-7410-2000-5. – 125 с. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/64454_20180403.pdf.
- Каменев, С. В. Основы метода конечных элементов в инженерных приложениях [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. В. Каменев; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург: ОГУ. – 2019. – ISBN 978-5-7410-2478-2. – 110 с. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/94203_20190515.pdf.

5.2 Дополнительная литература

- Каменев, С. В. Инженерные расчеты методом конечных элементов в CAE-системе «Autodesk Simulation Mechanical» [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. В. Каменев; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург: ОГУ. – 2019. – ISBN 978-5-7410-2477-5. – 142 с. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/94202_20190515.pdf.
- Каменев, С. В. Инженерный анализ конструкций в CAE-системе «ANSYS Mechanical APDL» [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. В. Каменев; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург: ОГУ. – 2021. – ISBN 978-5-7410-2658-8. – 160 с. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/143246_20210601.pdf.

- Каменев, С. В. Использование CAE-системы «ANSYS» в инженерной практике [Текст] : учеб. пособие / С. В. Каменев, А. Н. Попов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 139 с. – ISBN 978-5-7410-0867-6.

5.3 Периодические издания

- Математическое моделирование: журнал. – М.: АРСМИ, 2020-2024;
- Вестник компьютерных и информационных технологий: журнал. – М.: Агентство «Роспечать», 2020-2024;
- САПР и графика: журнал. – М.: Агентство «Роспечать», 2017.

5.4 Интернет-ресурсы

- http://fea.ru – официальный сайт инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ, содержащий различные материалы, которые касаются использования современных CAE-технологий в различных отраслях промышленности;
- http://edu.ascon.ru – сайт образовательной программы компании «Аскон», предоставляющий доступ к учебным версиям программных продуктов компании, содержащий различные обучающие материалы, информацию о конкурсах, проводимых компанией и т.п.;
- https://openedu.ru/course/urfu/ENGM/ – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Инженерная механика»;
- https://openedu.ru/program/mephi/mephi_digital_engineering_dpo/ – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Цифровой инжиниринг и цифровые технологии в промышленности».

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1. Операционная система РЕД ОС.
2. Пакет офисных приложений «МойОфис Образование»
3. Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс https://yandex.ru.
4. Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.
5. Система трехмерного моделирования в машиностроении и приборостроении КОМПАС-3D.
6. ANSYS – программный комплекс для конечно-элементного моделирования и анализа, позволяющий решать задачи прочности, теплообмена, электромагнетизма, гидрогазодинамики, модуль параллельных вычислений ANSYS Academic Mechanical HPC.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория оснащена комплектами ученической мебели и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Аудитория для самостоятельной работы обучающихся, оснащенная компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет» и обеспечивающей доступ в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.