Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

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 2022

1961769

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 « 02 » февраля 2022 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов

		А.Н. Поляков
наименование кафедры	*подпись*	*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

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

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

		Н.Н. Бигалиева
	личная подпись	*расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству Аэрокосмического института

		А.М. Черноусова
	личная подпись	*расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Каменев С. В., 2022
© ОГУ, 2022

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	**<u>Знать:</u>** типовые методики построения расчетных моделей проектируемых объектов в автоматизированных системах моделирования с учетом их структуры, ограничений и физической области решаемых предметных задач **<u>Уметь:</u>** разрабатывать математические модели проектируемых объектов с использованием вычислительных методов, реализуемых в автоматизированных системах моделирования **<u>Владеть:</u>** 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	2
3	8–10	Моделирование с использованием пружинных конечных элементов	2
4	8–10	Моделирование с использованием стержневых конечных элементов	2
5	8–10	Моделирование конструкций с использованием балочных конечных элементов	2
6	8–10	Моделирование с использованием пластинчатых конечных элементов	2
7	8–10	Моделирование с использованием оболочечных конечных элементов	2
		Итого:	14

4.4 Контрольная работа

Темой контрольной работы, выполняемой в 9-м семестре, является термодеформационный анализ цельной концевой фрезы программными средствами универсальной CAE-системы, реализующей метод конечных элементов. Задание на выполнение работы выдается по вариантам, и включает в себя базовые размеры фрезы и параметры ее нагружения.

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

- 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». – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3.84 Мб). – Оренбург: ОГУ, 2019. – 110 с. – Загл. с тит. экрана. – Adobe Acrobat Reader 6.0 – ISBN 978-5-7410-2478-2. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/94203_20190515.pdf.
- Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем [Электронный ресурс]: учебник / В. П. Тарасик. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2020. – 592 с. – ISBN 978-5-16-011996-0. – Режим доступа: https://znanium.com/catalog/product/1042658.
- Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2013. – 398 с. – ISBN 978-5-369-01167-6. – Режим доступа: https://znanium.com/catalog/product/392652.

5.2 Дополнительная литература

- 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». – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 5.96 Мб). – Оренбург: ОГУ, 2021. – 160 с. – Загл. с тит. экрана. – Adobe Acrobat Reader 6.0 – ISBN 978-5-7410-2658-8. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/143246_20210601.pdf.
- 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». – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 5.24 Мб). – Оренбург: ОГУ, 2019. – 142 с. – Загл. с тит. экрана. – Adobe Acrobat Reader 6.0 – ISBN 978-5-7410-2477-5. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/94202_20190515.pdf.

- 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». – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска. – Систем. требования: IBM PC 686 (Pentium или выше); Microsoft Windows NT5.x (2000, XP, 7, 8, 10); процессор 233 МГц; 512 Мб; монитор, поддерживающий режим 1024x768; мышь или аналогич. устройство – ISBN 978-5-7410-2000-5. – № гос. регистрации 0321900036. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/64454_20180403.pdf.

5.3 Периодические издания

- Математическое моделирование: журнал. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2019-2022;
- Вестник компьютерных и информационных технологий: журнал. – М.: Агентство «Роспечать», 2017-2022;
- САПР и графика: журнал. – М.: Агентство «Роспечать», 2016-2017.

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://www.autodesk.com/education/home – раздел официального сайта компании «Autodesk», представляющий бесплатный доступ ко всем полнофункциональным версиям программных продуктов компании в образовательных целях, содержащий различные обучающие материалы, информацию о конкурсах и мероприятиях, проводимых компанией и т.п.;
- https://www.ansys.com/academic – раздел официального сайта компании «Ansys», посвященный ее академической программе, в рамках которой предоставляются бесплатные студенческие версии программных продуктов «Ansys» и различные обручающие материалы;
- https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/MECHMACH – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Теория механизмов и машин»;
- https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/MANMEH – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Модели и методы аналитической механики»;
- https://openedu.ru/course/spbstu/CEDDM – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Компьютерный инжиниринг в цифровом проектировании и производстве».

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

1. Операционная система Microsoft Windows.
2. Open Office/Libre Office – свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.
3. Система трехмерного моделирования в машиностроении и приборостроении КОМПАС-3D.
4. ANSYS – программный комплекс для конечно-элементного моделирования и анализа, позволяющий решать задачи прочности, теплообмена, электромагнетизма, гидрогазодинамики, модуль параллельных вычислений ANSYS Academic Mechanical HPC.
5. 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.
6. Университетская платформа электронного обучения «Электронные курсы ОГУ в системе обучения Moodle». – Режим доступа: http://moodle.osu.ru.

7. Корпоративная платформа Microsoft Teams развернутая в «облаке» MS в рамках подписки Microsoft Azure Dev Tools for Teaching.

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.