

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.О.07  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Анализ объектов и процессов в машиностроении с помощью методов конечных элементов  
(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

15.04.01 Машиностроение

направленность (профиль)/специализация

«Системы автоматизированного проектирования в машиностроении»

Форма обучения: очная

Год набора: 2021

Общая трудоемкость: 4 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	2	Итого
Форма контроля	зачет	
Вид занятий		
Лекции	2	2
Лабораторные		
Практические	16	16
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
Контактная работа	18,25	18,25
Самостоятельная работа	125,75	125,75
Контроль		
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

Рабочую программу составил(и):

доцент, канд. техн. наук Шенбергер П.Н.

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности) 15.04.01 Машиностроение, направленность (профиль): «Системы автоматизированного проектирования в машиностроении»

---

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2023 г.**

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

---

(протокол заседания № 2 от «4» сентября 2020 г.).

## 1. Цель освоения дисциплины

Цель – способствовать получению знаний и формированию профессиональных компетенций в области теоретических и практических основ проведения численных расчетов объектов и процессов в машиностроении с помощью методов конечных элементов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Модели материалов в САПР машиностроения», «Основы систем автоматизированного проектирования жизненного цикла изделий 1», «Технологичность изделий машиностроения», «Контроль качества изделий в САПР».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Инженерный анализ процессов машиностроения», «Моделирование технологических процессов в системах инженерного анализа», «Производственная практика (преддипломная практика)», «Выпускная квалификационная работа».

## 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	ИД-1УК-4. Демонстрирует умение вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке	Знать: основные принципы обмена деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке
		Уметь: вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке
		Владеть: навыками обмена деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке
ОПК-5. Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	ИД-1опк-5. Разрабатывает математические модели объектов и процессов в профессиональной сфере	Знать: основные методы разработки математических моделей объектов и процессов в профессиональной сфере
		Уметь: разрабатывать математические модели объектов и процессов в профессиональной сфере
		Владеть: навыками разработки математических моделей объектов и процессов в профессиональной сфере
ОПК-6. Способен использовать современные информационно-коммуникационные	ИД-2опк-6. Применяет стандартное программное обеспечение MicrosoftOffice для презентации результатов	Знать: принципы работы в стандартном программном обеспечении MicrosoftOffice для презентации результатов научной деятельности

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности	научной деятельности	Уметь: применять стандартное программное обеспечение MicrosoftOffice для презентации результатов научной деятельности
		Владеть: навыками работы в стандартном программном обеспечении MicrosoftOffice для презентации результатов научной деятельности
ОПК-10. Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей показателей используемых материалов и готовых изделий	ИД-1опк-10. Анализирует причины несоответствия изделий машиностроения установленным нормам и разрабатывает корректирующие мероприятия по их устранению ИД-2 опк-10. Проводит мероприятия по предупреждению брака и повышению качества выпускаемой (изделий, продукции) машиностроения	Знать: причины несоответствия изделий машиностроения установленным нормам; мероприятия по предупреждению брака и повышению качества выпускаемой продукции машиностроения
		Уметь: анализировать причины несоответствия изделий машиностроения установленным нормам и разрабатывать корректирующие мероприятия по их устранению; проводить мероприятия по предупреждению брака и повышению качества выпускаемой продукции машиностроения
		Владеть: навыками анализа причин несоответствия изделий машиностроения установленным нормам; навыками разработки корректирующих мероприятий по их устранению; навыками проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества выпускаемой продукции машиностроения
ОПК-12. Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном	ИД-2опк-12. Определяет на основе исследований соответствие материалов, вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента машиностроения требованиям нормативной и производственно-технологической документации	Знать: принципы соответствий материалов, вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента машиностроения требованиям нормативной и производственно-технологической документации
		Уметь: определять на основе исследований соответствие материалов, вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента машиностроения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
предприятия		требованиям нормативной и производственно-технологической документации
		Владеть: навыками определения на основе исследований соответствий материалов, вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента машиностроения требованиям нормативной и производственно-технологической документации
ПК-6. Способен использовать современные САПР, их функциональные возможности для проектирования технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности	ИД-1ПК-6. Проектирует в приложениях САПР технологические процессы изготовления изделий вспомогательных, заготовительных и основных отраслей машиностроения	Знать: современные САЕ-системы, их функциональные возможности для расчета сил закрепления; типовые технологические процессы изготовления машиностроительных изделий высокой сложности
		Уметь: использовать САЕ-системы для расчета сил закрепления заготовок и деталей машиностроительных изделий высокой сложности; использовать САД-системы для выявления конструктивных особенностей машиностроительных изделий высокой сложности, влияющих на выбор метода получения исходной заготовки
		Владеть: навыками расчета с применением САД-, САЕ-систем требуемых сил закрепления заготовок и деталей машиностроительных изделий высокой сложности
ПК-7.Способен разрабатывать групповые технологические процессы изготовления машиностроительных изделий с применением САД, САПР-систем	ИД-1ПК-7. Проектирует технологические процессы изготовления и сборки изделий в массовом производстве	Знать: основные технологические свойства конструкционных материалов машиностроительных изделий высокой сложности; основные принципы работы в современных САЕ-системах
		Уметь: выбирать вид, метод получения и основные требования к конструкции исходной заготовки для машиностроительных изделий высокой сложности Владеть: навыками расчета основных показателей

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		<p>количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий высокой сложности; вспомогательных показателей количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий высокой сложности</p>
<p>ПК-8. Способен использовать современные системы инженерного анализа, их функциональные возможности для моделирования физических явлений, возникающих при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой</p>	<p>ИД-2ПК-8. Выполняет разработку численных моделей процессов и сеток конечных элементов изделий и сборок машиностроения в различных приложениях САПР.</p> <p>ИД-3ПК-8. Анализирует результаты моделирования процессов в САПР и оформляет научно-исследовательские отчеты и презентации выполненных численных экспериментов.</p>	<p>Знать: виды и причины брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления машиностроительных изделий высокой сложности; методы уменьшения влияния технологических факторов, вызывающих погрешности изготовления машиностроительных изделий высокой сложности; основные принципы работы в современных САЕ-системах; современные САЕ-системы, их функциональные возможности для моделирования физических явлений, возникающих при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности</p> <p>Уметь: использовать САЕ-системы для моделирования физических явлений, возникающих при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности</p> <p>Владеть: навыками исследований с применением CAD-, САЕ-, САРР-систем технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности</p>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Введение в метод конечных элементов	Лек 1	Цель и задачи курса. Моделирование в машиностроении: основные понятия: модель, физическая модель, математическая модель; математические модели для одномерных объектов машиностроения. Методы решения задач моделирования в машиностроении. Дискретизация объектов и процессов-основа метода конечных элементов	2	2	-	2	-
	Сам1	Изучение учебной и научной литературы	2	29,75	-	-	-
Модуль 2. Решения задач метода	Сам 2	Изучение учебной и научной литературы. Подготовка к практическим работам	2	32	-	-	-

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
конечных элементов	Пр 1	Использование Matlab для решения задач метода конечных элементов	2	5	-	-	Отчет по практической работе
	Сам 3	Изучение учебной и научной литературы. Подготовка к практическим работам	2	32	-	-	-
	Пр 2	Решение задачи методом построения матрицы жесткости	2	5	-	-	Отчет по практической работе
	Сам 4	Изучение учебной и научной литературы. Подготовка к практическим работам	2	32	-	-	-
	Пр 3	Решение задачи о теплопередаче с помощью Matlab	2	6	-	-	Отчет по практической работе
<b>Итого:</b>				<b>144</b>			



## 5. Образовательные технологии

При обучении студентов используются следующие образовательные технологии:

- технология традиционного обучения, которая предполагает традиционную последовательность изучения материала: представление и объяснение преподавателем материала, выполнение лабораторных заданий в группе, а затем индивидуальное самостоятельное изучение;
- технология дифференцированного обучения применяется при выполнении лабораторных работ с использованием метода анализа конкретной задачи, а также в рамках критериального подхода к оцениванию индивидуальных заданий;
- технологии контекстного обучения используются в форме контекстно-информационных лекций и технологии проблемного обучения с применением методов решения конкретных ситуационных задач;
- интерактивные технологии используются на лекционных, практических занятиях в ходе обсуждения результатов деятельности, дискуссий при выполнении заданий проблемного характера;
- информационные технологии: все виды занятий проводятся в центре автоматизированного проектирования кафедры «СОМДиРП» с использованием компьютеров, лицензионного программного обеспечения, мультимедийного оборудования.

## 6. Методические указания по освоению дисциплины

Работа по курсу предполагает следующие формы занятий: практические занятия, внеаудиторные занятия.

Практические занятия проводятся в оборудованных компьютерных классах с предоставлением каждому студенту персонального рабочего места. На занятиях студенты выполняют практические задания по вариантам с использованием методических указаний по выполнению работ. По каждому заданию предусмотрено оформление отчета по работе с последующим собеседованием с преподавателем, в процессе которого студент должен ответить на вопросы по ходу выполнения заданий и полученным результатам.

Внеаудиторные занятия являются важной частью работы студента. Студенты самостоятельно работают с теоретическими материалами, изучение которых предусмотрено программой обучения.

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
2	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	-
2	ОПК-5. Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	Отчет по практической работе № 1-3
2	ОПК-6. Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности	Отчет по практической работе № 1-3

<b>Семестр</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или ее части)</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>
2	ОПК-10. Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	Отчет по практической работе № 1-3
2	ОПК-12. Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии	Отчет по практической работе № 1-3
2	ПК-6. Способен использовать современные САПР, их функциональные возможности для проектирования технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности	Отчет по практической работе № 1-3
2	ПК-7.Способен разрабатывать групповые технологические процессы изготовления машиностроительных изделий с применением CAD, CAPP-систем	Отчет по практической работе № 1-3
2	ПК-8. Способен использовать современные системы инженерного анализа, их функциональные возможности для моделирования физических явлений, возникающих при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности	Отчет по практической работе № 1-3

## **7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля**

### **7.2.1.Практические работы**

#### **Форма отчета по практическим работам № 1-3**

- цель и задачи расчета;
- входные данные расчета;
- код программы;
- скриншоты с результатами расчета;
- выводы.

#### **Требования к оформлению**

Отчет по практическим работам оформляется в соответствии с ГОСТ на техническую документацию (формат А4). Оформляется только с помощью компьютера.

#### **Процедура оценивания**

По результатам практической работы оформляется отчет и предъявляется преподавателю для защиты.

#### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если созданный компьютерный код выдает решение. Допускаются незначительные погрешности. Допускаются 2 полные ошибки;
- оценка «не зачтено» созданный компьютерный код не выдает решения или выполнен с грубыми погрешностями. Количество полных ошибок – более 2.

7.3.Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_

№ п/п	Вопросы к зачету
1.	Основные понятия: модель, физическая модель, математическая модель
2.	Уравнение деформации стержня
3.	Уравнение теплопроводности стержня
4.	Методы решения задач моделирования в машиностроении
5.	Характеристики конечных элементов
6.	Классификация конечных элементов
7.	Этапы решения задач методом конечных элементов
8.	Прямой метод построения матрицы жесткости
9.	Глобальная матрица жесткости для стержневой системы
10.	Граничные условия и решение матричной системы МКЭ
11.	Пространственная система стержневых элементов
12.	Вариационные принципы в МКЭ
13.	Постановка вариационной задачи для упругой деформации стержня в МКЭ
14.	Вариационное уравнение теплопередачи через стенку в МКЭ
15.	Методы коллокаций и Ритца
16.	Метод Галеркина
17.	Решение задачи о деформировании стержня методом Галеркина
18.	Системы координат. Интерполирующая функция и функция формы конечного элемента
19.	Линейные одномерный элемент сжатия-растяжения (Пружина)
20.	Линейный одномерный элемент сжатия-растяжения на плоскости
21.	Конечный элемент-балка на плоскости
22.	Постановка динамических задач для стержня
23.	Определение матриц масс и демпфирования для одномерных конечных элементов
24.	Вариационный принцип Гамильтона решения динамических задач
25.	Метод взвешенных невязок Галеркина решения динамических задач
26.	Явные и неявные методы решения
27.	Конечные одномерные элементы. Характеристика. Особенности
28.	Вариационный метод решения задач метода конечных элементов
29.	Формализация метода конечных элементов для стационарных задач
30.	Метод конечных элементов. Суть метода. Назначение. Примеры использования
31.	САЕ-анализ. Назначение, примеры
32.	Численные методы расчета. Преимущества, недостатки
33.	Расчетная конечно-элементная модель. Назначение. Входные параметры
34.	Достоинства и недостатки метода конечных элементов. Суть метода
35.	Факторы, влияющие на точность проведения САЕ-анализа
36.	Типы конечных элементов. Характеристики
37.	Описание типовых модулей, используемых при расчетах методом конечных элементов
38.	Назначение препроцессора
39.	Допущения при выполнении САЕ-анализа. Примеры
40.	Виды конечно-элементной сетки
41.	Ограничения формы и размеров конечных элементов. Примеры

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
2	Зачет в устной форме	«зачтено»	оценка «зачтено» выставляется, если студентом дан полный и развернутый ответ на устный вопрос из списка вопросов для зачета
		«не зачтено»	оценка «не зачтено», если в ответе на устный вопрос из списка вопросов для зачета студентом допущены грубые ошибки

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Божко А.Н., Волосатова Т.М., Грошев С.В. и др.	Основы автоматизированного проектирования	Учебник	2020	ЭБС "ZNANIUM.CO M"
2	Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М.	Численные методы	Учебник	2020	ЭБС "IPRbooks"
3	Белов П.С., Драгина О.Г.	Системы автоматизированного проектирования технологических процессов	Учебное пособие	2020	ЭБС "IPRbooks"

### 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-

### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- WebofScience [Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia : ClarivateAnalytics , 2016– . – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Scopus [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands : Elsevier , 2004– . – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Elibrary [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000– . – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Сайт производителя программного продукта LS-DYNA – Livermore Software Technology Corporation: <http://www.lstc.com/>.
- САПР и графика [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. журн. — Электрон. журн. — Москва: ООО КомпьютерПресс. — Режим доступа к журн.: <http://www.sapr.ru/>.

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: Office Stdandard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition  Office Stdandard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition  Office Stdandard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition	контракт № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно  договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно  контракт № 727 от 20.07.2016, срок действия – бессрочно
3	Mirapolis Human Capital Management	лицензионный договор № 42/02/22-К от 02.02.2022, срок действия – до 31.08.2022
4	Siemens Digital Industries Software (NXACAD100 + NXACAD101)	сублицензионный договор № 376 от 24.02.2015, бессрочно
5	КОМПАС-3D v 18 (Проектирование и конструирование в машиностроении)	Контракт, № 1198 от 18.11.2019, бессрочно

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Компьютерный класс. Учебная аудитория	Доска аудиторная (меловая), столы

№ п/п	<b>Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
	для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Е-404)	компьютерные, столы для заседаний, стулья, системные блоки, мониторы, Принтер “HP”LaserJet 1010. Экран для проектора настенный, проектор, шкаф книжный. Программное обеспечение: Siemens NX9.0 – 17 точек доступа, Аскон Компас 3D – 17 точек доступа, DelcamPowerShape – 15 точек доступа, MicrosoftOffice –17 точек доступа, CATIA – 7 точек доступа, TeamCenterSiemens PLM Software
2	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Е-406)	Доска передвижная, столы компьютерные, стулья, системные блоки, мониторы, координатно-измерительный манипулятор «MicroScribe 3D», принтер “HP”LaserJet 1010. Экран для проектора, настенный, проектор, сейф, программное обеспечение: Siemens NX9.0 – 15 точек доступа, Аскон Компас 3D – 15 точек доступа, DelcamPowerMill – 15. точек доступа, DelcamPowerInspect – 15 точек доступа, DelcamPowerShape – 15. точек доступа, MicrosoftOffice – 15. точек доступа, Autoform4.2 - 5 точек доступа, LS-DYNA- 10 точек доступа,DEFORM - 10 точек доступа,Matlab - 5 точек доступа,TeamCenterSiemens PLM Software -10 точек доступа,TEBIS- 10 точек доступа
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся. (Г-401)	Стол, стулья, компьютеры
4	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (С-508)	Доска аудиторная (меловая), столы ученические, стол преподавательский, стулья, стенды, шкафы.