**ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Бобылев А. В.
Пользователь: avbobylev
Дата подписания: 01.07.2025

А. В. Бобылев

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.09.М5.03 Расчеты на прочность
**для направления** 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
**уровень** Бакалавриат
**форма обучения** очная
**кафедра-разработчик** Техническая механика

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, утверждённым приказом Минобрнауки от 17.08.2020 № 1044

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Тараненко П. А.
Пользователь: taranenkopa
Дата подписания: 30.06.2025

П. А. Тараненко

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Щербакова А. О.
Пользователь: shcherbakovaao
Дата подписания: 30.06.2025

А. О. Щербакова

Златоуст

## 1. Цели и задачи дисциплины

Обучить студентов применению современных пакетов прикладных программ, основанных на использовании метода конечных элементов, для проектирования деталей и конструкций путем анализа напряженно-деформированного состояния, а также для использования полученных знаний в практической инженерной деятельности при оценке прочности и жесткости машин, механизмов и конструкций.

## Краткое содержание дисциплины

Дисциплина включает в себя методы решения задач прочности, устойчивости и динамики конструкций средствами ANSYS WORKBENCH, также в курсе рассматриваются особенности построения деталей и сборок, передача геометрических моделей в расчетный пакет прикладных программ ANSYS WORKBENCH, сквозное проектирование от построения детали (сборки) до получения результатов прочностных расчетов

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|
| УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | Знает: - знает причины нарушения работоспособности конструкции; - знает виды прочностных расчетов; - знает интерфейс современных CAD и CAE систем<br>Умеет: - умеет выбирать метод расчета; - умеет подготавливать адекватные геометрические модели деталей для инженерного анализа; - умеет корректировать геометрическую модель детали для последующего конечноэлементного расчета; - умеет эффективно разбивать исследуемую деталь на конечные элементы; - умеет выполнять расчеты на прочность и жесткость конструкции при статическом, динамическом и тепловом воздействии; - умеет выполнять расчеты на устойчивость; - умеет делать многовариантные расчеты и выполнять оптимизацию; - умеет анализировать результаты расчетов и формулировать выводы<br>Имеет практический опыт: Расчеты на прочность<br>Щербакова А.О., доцент, ТМех УК-2 - знает причины нарушения работоспособности конструкции; - знает виды прочностных расчетов; - знает интерфейс современных CAD и CAE систем - умеет выбирать метод расчета; - умеет подготавливать адекватные геометрические модели деталей для инженерного анализа; - умеет корректировать геометрическую модель детали для последующего конечноэлементного расчета; - умеет эффективно разбивать исследуемую деталь на конечные элементы; - умеет выполнять |

| | |
|---|---|
| | расчеты на прочность и жесткость конструкции при статическом, динамическом и тепловом воздействии; - умеет выполнять расчеты на устойчивость; - умеет делать многовариантные расчеты и выполнять оптимизацию; - умеет анализировать результаты расчетов и формулировать выводы - имеет практический опыт использования современных конечноэлементных пакетов для расчетов на прочность; - имеет практический опыт подготовки геометрических моделей для последующего расчета методом конечных элементов в широко распространенных CAE системах; - имеет практический опыт расчетов на прочность, анализа результатов и формулировки выводов |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|---|
| 1.Ф.09.М3.02 Оформление конструкторской документации с использованием систем автоматизированного проектирования,<br>1.Ф.09.М5.02 Проектирование деталей машин,<br>1.Ф.09.М1.02 Технологии заготовительного производства обработкой металлов давлением,<br>1.Ф.09.М1.01 Литейные технологии заготовительного производства,<br>1.Ф.09.М3.01 Основы 3D моделирования,<br>1.Ф.09.М5.01 Цифровое моделирование механизмов | 1.О.25 Технико-экономический анализ проектных решений |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина | Требования |
|---|---|
| 1.Ф.09.М1.02 Технологии заготовительного производства обработкой металлов давлением | Знает: Основные способы получения заготовок, классификация заготовок.Принцип работы основных агрегатов ОМД. Умеет: Проектировать технологический процесс ОМД.Рассчитывать калибровку инструмента ОМД.Рассчитывать режимы деформации. Имеет практический опыт: Программным обеспечением для проектирования и компьютерного моделирования процессов ОМД. |
| 1.Ф.09.М5.02 Проектирование деталей машин | Знает: - знает основы проектирования элементов машиностроительных конструкций;- знает методы расчета кинематических и динамических характеристик элементов машиностроительных конструкций;- знает методы расчета на прочность и жесткость типовых элементов конструкций;- знает правила оформления |

| | |
|---|---|
| | конструкторской документации в соответствии с ЕСКД - умеет составлять расчетные схемы;, - знает основы проектирования элементов машиностроительных конструкций;- знает методы расчета кинематических и динамических характеристик элементов машиностроительных конструкций;- знает методы расчета на прочность и жесткость типовых элементов конструкций;- знает правила оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД - умеет составлять расчетные схемы; Умеет: - умеет выбирать материалы деталей;- умеет выполнять силовые расчеты с использованием современных средств компьютерного моделирования;- умеет разрабатывать конструкции различных деталей с применением современных систем автоматизированного проектирования (САПР) - имеет практический опыт использования современных систем автоматизированного проектирования;, - умеет выбирать материалы деталей;- умеет выполнять силовые расчеты с использованием современных средств компьютерного моделирования;- умеет разрабатывать конструкции различных деталей с применением современных систем автоматизированного проектирования (САПР) - имеет практический опыт использования современных систем автоматизированного проектирования; Имеет практический опыт: - имеет практический опыт разработки и оформления цифровых параметрических эскизов, деталей, сборочных единиц в современных САПР;- имеет практический опыт разработки электронной конструкторской документации по электронной модели изделия, - имеет практический опыт разработки и оформления цифровых параметрических эскизов, деталей, сборочных единиц в современных САПР;- имеет практический опыт разработки электронной конструкторской документации по электронной модели изделия |
| 1.Ф.09.М3.02 Оформление конструкторской документации с использованием систем автоматизированного проектирования | Знает: Методы проецирования и построения изображений геометрических фигур технологического оборудования, его деталей и узлов с использованием средств автоматизации проектирования и в соответствии с техническим заданием. Знает требования стандартов ЕСКД на составление и оформление типовой технической документации деталей, сборочных единиц и элементов конструкций. Умеет: Анализировать форму предметов в натуре и по чертежам на основе методов построения изображений геометрических фигур, проектировать технологическое оборудование с использованием средств автоматизации проектирования и в |

| | |
|---|---|
| | соответствии с техническим заданием. Умеет составлять и оформлять типовую техническую документацию на основе использования информационных технологий, в том числе современных средств компьютерной графики, графически отображать геометрические образы изделий. Имеет практический опыт: Владеет решением метрических и позиционных задач, методами проецирования и изображения пространственных объектов при проведении расчётов по типовым методикам; на основе методов построения изображений геометрических фигур может проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования и в соответствии с техническим заданием. В соответствии с требованиями ЕСКД на основе знания графических пакетов умеет применять новые компьютерные технологии при составлении конструкторской документации изделия «3D-модель - 2D-чертёж». |
| 1.Ф.09.М3.01 Основы 3D моделирования | Знает: Методы проецирования и построения изображений геометрических фигур технологического оборудования, его деталей и узлов с использованием средств автоматизации проектирования и в соответствии с техническим заданием Умеет: Анализировать форму предметов в натуре и по чертежам на основе методов построения изображений геометрических фигур, проектировать технологическое оборудование с использованием средств автоматизации проектирования и в соответствии с техническим заданием Имеет практический опыт: Владеет решением метрических и позиционных задач, методами проецирования и изображения пространственных объектов при проведении расчётов по типовым методикам; на основе методов построения изображений геометрических фигур может проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования и в соответствии с техническим заданием. |
| 1.Ф.09.М1.01 Литейные технологии заготовительного производства | Знает: Виды, особенности и оптимальные способы технологических операций литья. Умеет: Осуществлять подбор технологической оснастки и оборудования для выполнения технологических операций литья Имеет практический опыт: Разработки литейных технологий заготовительного производства |
| 1.Ф.09.М5.01 Цифровое моделирование механизмов | Знает: - знает теоретические основы и методы цифрового моделирования механических систем Умеет: - умеет разрабатывать цифровые модели механических систем по их натурным прототипам;- умеет выполнять кинематический, |

| | |
|---|---|
| | силовой и динамический анализ конструкций;- умеет выполнять расчёт параметров конструкции, определяющих ее работоспособность;- умеет выполнять оптимизацию параметров конструкции Имеет практический опыт: - имеет практический опыт использования современных программ моделирования твердотельной динамики;- владеет современными методами компьютерного моделирования динамических систем- имеет практический опыт построения и исследования цифровых моделей машин и механизмов |

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 72,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|---|---|---|
| | | Номер семестра |
| | | 5 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 144 | 144 |
| *Аудиторные занятия:* | 64 | 64 |
| Лекции (Л) | 32 | 32 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 32 | 32 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | 0 |
| *Самостоятельная работа (СРС)* | 71,5 | 71,5 |
| Разработка пошаговой инструкции решения задачи | 10 | 10 |
| Подготовка к экзамену | 41,5 | 41.5 |
| Подготовка к контрольной работе "Подготовка геометрических моделей для прочностных расчетов" | 10 | 10 |
| Выработка навыков решения задач путем повторения и самостоятельного решения задач, разобранных на занятиях | 10 | 10 |
| Консультации и промежуточная аттестация | 8,5 | 8,5 |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | диф.зачет |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | Основы метода конечных элементов | 32 | 32 | 0 | 0 |
| 2 | Применение пакета прикладных программ Ansys Workbench для прочностных расчетов конструкций | 32 | 0 | 32 | 0 |

## 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во |
|---|---|---|---|

| | | | часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Принцип возможных перемещений и метод Ритца как возможная основа МКЭ | 2 |
| 2 | 1 | Типы элементов (топология, степени свободы, способы интегрирования). Требования к элементам и сетке. Сходимость решений. Структура пакетов МКЭ | 2 |
| 3 | 1 | Тонкостенные стержни. Обзор теории и моделирование в МКЭ | 2 |
| 4 | 1 | Пластины и оболочки. Обзор теории и моделирование в МКЭ | 2 |
| 5 | 1 | Технология решения нелинейных задач | 2 |
| 6 | 1 | Физическая нелинейность. Модели материалов | 2 |
| 7 | 1 | Деформирование конструкций при циклическом неупругом нагружении | 2 |
| 8 | 1 | Описание разрушения | 2 |
| 9 | 1 | Контактные взаимодействия | 2 |
| 10 | 1 | Динамические задачи. Анализ переходных процессов, собственных частот и форм, гармонический анализ | 2 |
| 11 | 1 | Задачи устойчивости. Две возможные постановки - eigenvalue buckling и геометрически нелинейный анализ. Проблема исходных данных и допусков | 2 |
| 12 | 1 | МКЭ для решения тепловых задач | 2 |
| 13 | 1 | Многодисциплинарные и связанные задачи. Варианты построения расчетной процедуры, типы элементов | 2 |
| 14 | 1 | Оптимизация | 2 |
| 15 | 1 | Динамические задачи в явной (explicit) постановке. Основные уравнения, типы элементов, специфические погрешности расчета | 2 |
| 16 | 1 | Методы Лагранжа и Эйлера. Бессеточные методы - SPH, EFG (обзор). Интерпретация результатов, полученных МКЭ, при оценке прочности и долговечности конструкций | 2 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | Подготовка геометрических моделей. Создание эскизов и простых деталей | 2 |
| 2 | 2 | Подготовка геометрических моделей. Методы создания деталей | 2 |
| 3 | 2 | Работа со стержневыми и оболочечными элементами конструкций при подготовки геометрической модели | 2 |
| 4 | 2 | Модификация имеющейся геометрической модели. Параметризация геометрии | 2 |
| 5 | 2 | Контрольная работа "Подготовка геометрической модели для последующего прочностного расчета" | 2 |
| 6 | 2 | Знакомство с ANSYS WORKBENCH. Подетальный анализ механизма. Использование зеркальной симметрии | 2 |
| 7 | 2 | Оболочечное и твердотельное моделирование. Концентрация напряжений | 2 |
| 8 | 2 | Особенности расчетов напряжений и деформаций при ПНС и ПДС; использование осевой симметрии. Сквозное проектирование | 2 |
| 9 | 2 | Особенности решения контактных задач. Типы контактов. Проблемы сходимости решения | 2 |
| 10 | 2 | Работа с результатами расчетов. Учет физической и геометрической нелинейности. Расчет конструкции из неупругого материала | 2 |
| 11 | 2 | Работа с сеткой конечных элементов. Глобальные настройки. Локальные настройки. Проверка качества | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 12 | 2 | Решение тепловой задачи | 2 |
| 13 | 2 | Динамическое и квазистатической нагружение. Критерии разрушения конечных элементов | 2 |
| 14 | 2 | Многошаговый анализ. Подмоделирование | 2 |
| 15 | 2 | Параметры. Решение задач оптимизации по функции отклика | 2 |
| 16 | 2 | Потеря устойчивости с учетом геометрической нелинейности и Eigenvaluebuckling | 2 |

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | | |
|---|---|---|---|
| Подвид СРС | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | Семестр | Кол-во часов |
| Разработка пошаговой инструкции решения задачи | Основная литература [1,2]; методические пособия для самостоятельной работы студента, для преподавателя [1] | 5 | 10 |
| Подготовка к экзамену | Основная литература [1,2]; методические пособия для самостоятельной работы студента, для преподавателя [1] | 5 | 41,5 |
| Подготовка к контрольной работе "Подготовка геометрических моделей для прочностных расчетов" | Основная литература [1,2]; методические пособия для самостоятельной работы студента, для преподавателя [1] | 5 | 10 |
| Выработка навыков решения задач путем повторения и самостоятельного решения задач, разобранных на занятиях | Основная литература [1,2]; методические пособия для самостоятельной работы студента, для преподавателя [1] | 5 | 10 |

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов | Учи-тыва-ется в ПА |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 5 | Текущий контроль | Контрольная работа "Подготовка геометрической модели для прочностного расчета" | 1 | 5 | Задача выполнена полностью (95% и более) - 5 баллов; задача выполнена на 80% и более - 4 балла; задача выполнена на 60% и более - 3 балла; задача выполнена менее, чем на 60% - 0 баллов | дифференцированный зачет |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 5 | Текущий контроль | Разработка пошаговой инструкции решения задачи | 1 | 5 | 5 баллов – задание выполнено полностью в установленный срок с первого раза;<br>4 балла – задание выполнено полностью в установленный срок с некоторыми доработками;<br>3 балла – задание сдано полностью, позже установленного срока, после значительных доработок<br>0 баллов – задание не сдано или выполнено не полностью | дифференцированный зачет |
| 30 | 5 | Проме-жуточная аттестация | Дифференцированный зачет (практическая часть) | - | 20 | Задание выполнено полностью (95% и более) - 5 баллов; задание выполнено на 80% и более - 4 балла; задание выполнено на 60% и более - 3 балла; задание выполнено менее, чем на 60% - 0 баллов | дифференцированный зачет |
| 40 | 5 | Проме-жуточная аттестация | Дифференцированный зачет (лекционная часть) | - | 20 | При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. (в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09)). Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации | дифференцированный зачет |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | (дифференцированный зачет) для улучшения своего итогового рейтинга по дисциплине. Оценка формируется на основе величины текущего рейтинга обучающегося по дисциплине: "Отлично" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85…100 %; "Хорошо" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75…84 %; "Удовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60…74 %; "Неудовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0…59 %. | |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|---|---|---|
| дифференцированный зачет | При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. (в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09)). Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (дифференцированный зачет) для улучшения своего итогового рейтинга по дисциплине. Оценка формируется на основе величины текущего рейтинга обучающегося по дисциплине: "Отлично" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85…100 %; "Хорошо" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75…84 %; "Удовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60…74 %; "Неудовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0…59 %. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 10 | 20 | 30 | 40 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| УК-2 | Знает: - знает причины нарушения работоспособности конструкции; - знает виды прочностных расчетов; - знает интерфейс современных CAD и CAE систем | + | + | + | + |
| УК-2 | Умеет: - умеет выбирать метод расчета; - умеет подготавливать адекватные геометрические модели деталей для инженерного анализа; - умеет корректировать геометрическую модель детали для последующего конечноэлементного расчета; - умеет эффективно разбивать исследуемую деталь на конечные элементы; - умеет выполнять расчеты на прочность и жесткость конструкции при статическом, динамическом и тепловом воздействии; - умеет выполнять расчеты на устойчивость; - умеет делать многовариантные расчеты и выполнять оптимизацию; - умеет анализировать результаты расчетов и формулировать выводы | + | + | + | + |
| УК-2 | Имеет практический опыт: Расчеты на прочность Щербакова А.О., доцент, ТМех УК-2 - знает причины нарушения работоспособности конструкции; - знает виды прочностных расчетов; - знает интерфейс современных CAD и CAE систем - умеет выбирать метод расчета; - умеет подготавливать адекватные геометрические модели деталей для инженерного анализа; - умеет корректировать геометрическую модель детали для последующего конечноэлементного расчета; - умеет эффективно разбивать исследуемую деталь на конечные элементы; - умеет выполнять расчеты на прочность и жесткость конструкции при статическом, динамическом и тепловом воздействии; - умеет выполнять расчеты на устойчивость; - умеет делать многовариантные расчеты и выполнять оптимизацию; - умеет анализировать результаты расчетов и формулировать выводы - имеет практический опыт использования современных конечноэлементных пакетов для расчетов на прочность; - имеет практический опыт подготовки геометрических моделей для последующего расчета методом конечных элементов в широко распространенных CAE системах; - имеет практический опыт расчетов на прочность, анализа результатов и формулировки выводов | + | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

*а) основная литература:*

1. Александров, А. В. Сопротивление материалов [Текст] : учеб. для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин ; под ред. А. В. Александрова. - М. : Высшая школа, 1995. - 560 с. : ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Трушин, С. И. Метод конечных элементов. Теория и задачи [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению 653500 "Стр-во" / С. И.Трушин. - М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008. - 256 с. : ил.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

Не предусмотрены

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1.

**Электронная учебно-методическая документация**

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено