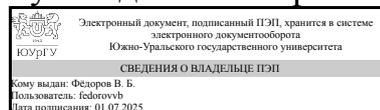


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



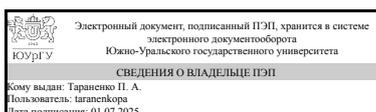
В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.05.М9.03 Расчеты на прочность
для направления 24.03.04 Авиастроение
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

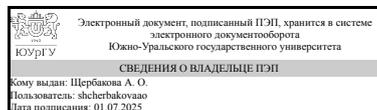
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.04 Авиастроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 05.02.2018 № 81

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



П. А. Тараненко

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



А. О. Щербакова

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: причины нарушения работоспособности конструкции; виды прочностных расчетов; интерфейс современных CAD и CAE систем Умеет: выбирать метод расчета; подготавливать адекватные геометрические модели деталей для инженерного анализа; корректировать геометрическую модель детали для последующего конечноэлементного расчета; эффективно разбивать исследуемую деталь на конечные элементы; выполнять расчеты на прочность и жесткость конструкции при статическом, динамическом и тепловом воздействии; выполнять расчеты на устойчивость; делать многовариантные расчеты и выполнять оптимизацию; анализировать результаты расчетов и формулировать выводы Имеет практический опыт: использования современных конечно-элементных пакетов для расчетов на прочность; подготовки геометрических моделей для последующего расчета методом конечных элементов в широко распространенных CAE системах; 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.05.М9.01 Цифровое моделирование механизмов,	1.О.09 Техничко-экономический анализ проектных решений

<p>1.Ф.05.М3.02 Программные комплексы проектирования элементов двигателей, 1.Ф.05.М9.02 Проектирование деталей машин, 1.Ф.05.М1.01 Современные методы компьютерного геометрического моделирования, 1.Ф.05.М8.02 Управление базами данных при автоматизированном проектировании технологических процессов, 1.Ф.05.М5.02 Оформление конструкторской документации с использованием систем автоматизированного проектирования, 1.Ф.05.М8.01 Создание цифровых моделей деталей и механизмов в САД-системах, 1.Ф.05.М5.01 Основы 3D моделирования</p>	
---	--

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

Дисциплина	Требования
1.Ф.05.М3.02 Программные комплексы проектирования элементов двигателей	<p>Знает: номенклатуру и функциональные возможности существующих программных комплексов для проектирования элементов двигателей; принципы работы и основные алгоритмы, используемые в программных комплексах для решения задач проектирования</p> <p>Умеет: решать прикладные задачи с использованием специализированных программных комплексов; интерпретировать результаты расчётов и моделирования, полученные с помощью программных комплексов</p> <p>Имеет практический опыт: решения прикладных задач с применением специализированных программных комплексов с учетом заданных ресурсов и ограничений</p>
1.Ф.05.М9.01 Цифровое моделирование механизмов	<p>Знает: теоретические основы и методы цифрового моделирования механических систем</p> <p>Умеет: разрабатывать цифровые модели механических систем по их натурным прототипам; выполнять кинематический, силовой и динамический анализ конструкций; выполнять расчёт параметров конструкции, определяющих ее работоспособность; выполнять оптимизацию параметров конструкции</p> <p>Имеет практический опыт: использования современных программ моделирования твердотельной динамики; современными методами компьютерного моделирования динамических систем; построения и исследования цифровых моделей машин и механизмов</p>
1.Ф.05.М1.01 Современные методы компьютерного геометрического моделирования	<p>Знает: методы проецирования и построения изображений геометрических фигур технологического оборудования, его деталей и узлов с использованием средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим</p>

	<p>заданием; 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 в соответствии с техническим заданием; 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: решения 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 в соответствии с техническим заданием; в соответствии с требованиями ЕСКД на основе знания графических пакетов применять новые компьютерные технологии при составлении конструкторской документации изделия «3D-модель - 2D-чертёж»</p>
<p>1.Ф.05.М5.02 Оформление конструкторской документации с использованием систем автоматизированного проектирования</p>	<p>Знает: методы проецирования и построения изображений геометрических фигур технологического оборудования, его деталей и узлов с использованием средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием; 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 в соответствии с техническим заданием; 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: решения метрических и позиционных задач, методами проецирования и изображения пространственных объектов при проведении расчётов по типовым методикам; на основе методов построения изображений</p>

	<p>геометрических фигур проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием; применять новые компьютерные технологии при составлении конструкторской документации изделия «3D-модель - 2D-чертёж» в соответствии с требованиями ЕСКД на основе знания графических пакетов</p>
<p>1.Ф.05.М8.02 Управление базами данных при автоматизированном проектировании технологических процессов</p>	<p>Знает: возможности применения вычислительной техники для решения задач профессиональной деятельности, включая методы разработки баз данных машиностроительного производства и основы автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления деталей машин Умеет: применять стандартные программные решения для профессиональных потребностей, включая структурирование данных параметров технологических процессов изготовления деталей машин Имеет практический опыт: использования вычислительной техники и стандартных программных решений для профессиональных потребностей, включая использование автоматизированных методов управления базами данных для проектирования технологических процессов изготовления деталей машин</p>
<p>1.Ф.05.М5.01 Основы 3D моделирования</p>	<p>Знает: методы проецирования и построения изображений геометрических фигур технологического оборудования, его деталей и узлов с использованием средств автоматизации проектирования 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 в соответствии с техническим заданием Имеет практический опыт: решения метрических и позиционных задач, проецирования и изображения пространственных объектов при проведении расчётов по типовым методикам; на основе методов построения изображений геометрических фигур проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием</p>
<p>1.Ф.05.М8.01 Создание цифровых моделей деталей и механизмов в САД-системах</p>	<p>Знает: методов создания цифровых моделей деталей и механизмов в САД-системах Умеет: применять САД-системы для проектирования деталей и механизмов машиностроительного назначения Имеет практический опыт: приемами создания цифровых моделей в САД-системах</p>

1.Ф.05.М9.02 Проектирование деталей машин	Знает: основы проектирования элементов машиностроительных конструкций; методы расчета кинематических и динамических характеристик элементов машиностроительных конструкций; методы расчета на прочность и жесткость типовых элементов конструкций; правила оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД Умеет: составлять расчетные схемы; выбирать материалы деталей; выполнять силовые расчеты с использованием современных средств компьютерного моделирования; разрабатывать конструкции различных деталей с применением современных систем автоматизированного проектирования (САПР) Имеет практический опыт: использования современных систем автоматизированного проектирования; разработки и оформления цифровых параметрических эскизов, деталей, сборочных единиц в современных САПР; электронной конструкторской документации по электронной модели изделия
---	---

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 трудоемкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	71,5	71,5	
Разработка пошаговой инструкции решения задачи	10	10	
Выработка навыков решения задач путем повторения и самостоятельного решения задач, разобранных на занятиях	10	10	
Подготовка к контрольной работе "Подготовка геометрических моделей для прочностных расчетов"	10	10	
Подготовка к экзамену	41,5	41.5	
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	диф.зачет	

5. Содержание дисциплины

№	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по
---	----------------------------------	-----------------------------

раздела		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 подготовке 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.	2

		Использование зеркальной симметрии	
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 квазистатическое 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
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
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
Подготовка к экзамену	Основная литература [1,2]; методические пособия для самостоятельной работы студента, для преподавателя [1]	5	41,5

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	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-
------	----------	--------------	-----------------------	-----	------------	---------------------------	-----------

			мероприятия				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; 4 балла – задание выполнено полностью в установленный срок с некоторыми доработками; 3 балла – задание сдано полностью, позже установленного срока, после значительных доработок 0 баллов – задание не сдано или выполнено не полностью	дифференцированный зачет
30	5	Промежуточная 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	Промежуточная 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-	дифференцированный зачет

					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 %.	
--	--	--	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
дифференцированный зачет	<p>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 %;</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	<p>"Хорошо" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 %; "Удовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %;</p> <p>"Неудовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.</p>	
--	---	--

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		10	20	30	40
УК-2	Знает: причины нарушения работоспособности конструкции; виды прочностных расчетов; интерфейс современных САД и САЕ систем	+	+	+	+
УК-2	Умеет: выбирать метод расчета; подготавливать адекватные геометрические модели деталей для инженерного анализа; корректировать геометрическую модель детали для последующего конечноэлементного расчета; эффективно разбивать исследуемую деталь на конечные элементы; выполнять расчеты на прочность и жесткость конструкции при статическом, динамическом и тепловом воздействии; выполнять расчеты на устойчивость; делать многовариантные расчеты и выполнять оптимизацию; анализировать результаты расчетов и формулировать выводы	+	+	+	+
УК-2	Имеет практический опыт: использования современных конечно-элементных пакетов для расчетов на прочность; подготовки геометрических моделей для последующего расчета методом конечных элементов в широко распространенных САЕ системах; 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. Басов К. А. ANSYS : справ. пользователя / К. А. Басов. - 2-е изд., стер.. - М. : ДМК-Пресс, 2012. - 639 с. : ил.
2. Каплун А. Б. Ansys в руках инженера : практ. рук. / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева ; предисл. А. С. Шадского. - Изд. стер.. - М. : URSS : ЛИБРОКОМ, 2014. - 269 с. : ил.

б) дополнительная литература:

1. Расчетный анализ концентрации напряжений с применением МКЭ : метод. рекомендации по выполнению учеб. задания по курсу "Спецглавы механики конструкций" / сост. В. Н. Скопинский ; Моск. гос. индустр. ун-т. - М. : Издательство МГИУ, 2006. - 84 с.

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