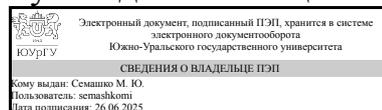


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности



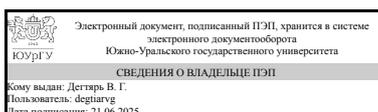
М. Ю. Семашко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.29 Компьютерный инженерный анализ конструкций авиационной и ракетной техники
для специальности 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
уровень Специалитет
форма обучения очная
кафедра-разработчик Летательные аппараты

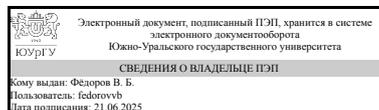
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели, утверждённым приказом Минобрнауки от 18.08.2020 № 1055

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



В. Г. Дегтярь

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



В. Б. Фёдоров

1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины: - формирование системы профессиональных знаний и практических навыков использования современных компьютерных технологий проектирования и разработки сложных конструкций в рамках автоматизированных комплексов САД-САМ-САЕ; решение задач механики твердого тела (применительно к инженерному анализу конструкций ЛА) с помощью метода конечных элементов. Задачи изучения дисциплины: - освоение знаний и навыков использования современных компьютерных технологий метода конечных элементов при проектировании конструкций ЛА.

Краткое содержание дисциплины

Выполнение инженерных расчётов в программной среде MathCad (MathLab) при проектировании конструкции ЛА. Матричный метод перемещений в решении задач статики конструкций. Метод конечных элементов в механике конструкций. Конечные элементы для моделирования деформаций силовых конструкций ЛА. Конечные элементы для моделирования среды и контактных взаимодействий конструкций ЛА. Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики. Особенности практических расчетов при проектировании конструкций ЛА с использованием программных комплексов конечно-элементного анализа. Выполнение проекторочных и прочностных расчетов характеристик конструкций ЛА с помощью современных конечно-элементных программных комплексов Nastran и Ansys

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
---	---

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.11.02 Математический анализ, 1.О.31 Метод конечных элементов, 1.О.30 Физика взрыва и удара	1.О.39 Автоматизация процессов производства, снаряжения и испытания боеприпасов

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

Дисциплина	Требования
1.О.30 Физика взрыва и удара	Знает: базовые понятия, необходимые для решения задач физики взрыва; источники самостоятельного получения новых знаний в области физики взрыва и удара. Умеет: составлять план решения задачи на основе имеющихся знаний; обнаруживать недостаток

	<p>знаний для решения поставленной задачи; работать с литературой по данной дисциплине. Имеет практический опыт: навыками планирования собственной деятельности по поиску решения задачи на основе имеющихся знаний; – навыками поиска и освоения необходимых для решения задачи новых знаний.</p>
<p>1.О.11.02 Математический анализ</p>	<p>Знает: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения задач разделов дисциплин математического анализа., основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения задач разделов дисциплин математического анализа., основные положения, законы, основные формулы и методы решения задач разделов дисциплин математического анализа. Умеет: самостоятельно работать с учебной, справочной и учебно-методической литературой; доказывать теоремы, вычислять определенные интегралы по фигуре; характеризовать векторные поля; находить циркуляцию и поток векторного поля; применять интегралы к решению простых прикладных задач; составлять математические модели простых задач реальных процессов и проводить их анализ., самостоятельно работать с учебной, справочной и учебно-методической литературой; доказывать теоремы, вычислять определенные интегралы по фигуре; характеризовать векторные поля; находить циркуляцию и поток векторного поля; применять интегралы к решению простых прикладных задач; составлять математические модели простых задач реальных процессов и проводить их анализ., самостоятельно работать с учебной, справочной и учебно-методической литературой; доказывать теоремы, вычислять определенные интегралы по фигуре; характеризовать векторные поля; находить циркуляцию и поток векторного поля; применять интегралы к решению простых прикладных задач; составлять математические модели простых задач реальных процессов и проводить их анализ. Имеет практический опыт: владения навыками работы с учебной и учебно-методической литературой; навыками употребления математической символики для выражения количественных и качественных отношений объектов; навыками символьных преобразований математических выражений., владения навыками работы с учебной и учебно-методической литературой; навыками употребления математической символики для выражения количественных и качественных отношений объектов; навыками символьных преобразований математических выражений., владения навыками работы с учебной и учебно-методической литературой;</p>

	навыками употребления математической символики для выражения количественных и качественных отношений объектов; навыками символьных преобразований математических выражений.
1.О.31 Метод конечных элементов	Знает: метод Ньютона (функции Find, Minerr), метод секущих (функция root), экстремум функции, характеристики современных программных пакетов, реализующих метод конечных элементов, теоретические основы метода конечных элементов; характеристики современных программных пакетов, реализующих метод конечных элементов. Умеет: решать системы линейных и нелинейных алгебраических уравнений, задачи нелинейного деформирования конструкции, моделировать элементы конструкций ракетно-космической техники с использованием одномерных, плоских и пространственных конечных элементов, моделировать элементы конструкций летательных аппаратов с использованием одномерных, плоских и пространственных конечных элементов. Имеет практический опыт: владения программно-вычислительным комплексом MathCad для выполнения инженерных расчетов, навыками оформления научно-технических отчетов в соответствии с ГОСТ и формирования матричных уравнений с использованием подматриц и выполнением матричных операций, решения задач методом конечных элементов при проведении проектировочных и прочностных расчетов с помощью современных конечно-элементных программ .

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 110,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	48	48
Лекции (Л)	32	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	64	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	105,25	53,75	51,5
Подготовка к экзамену	51,5	0	51,5

Подготовка к зачету	53,75	53.75	0
Консультации и промежуточная аттестация	14,75	6,25	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Пакет программ MathCad для выполнения инженерных расчетов	10	6	4	0
2	Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики летательных аппаратов. Метод перемещений	10	6	4	0
3	Метод конечных элементов в механике конструкций ЛА	10	6	4	0
4	Конечные элементы для моделирования деформаций силовых конструкций ЛА.	22	6	16	0
5	Конечные элементы для моделирования среды и контактных взаимодействий конструкций ЛА	12	4	8	0
6	Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики	20	4	16	0
7	Особенности практических расчетов при проектировании силовых элементов конструкций ЛА с использованием программных комплексов конечно-элементного анализа	12	0	12	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Пакет программ MathCad для выполнения инженерных расчетов (часть 1)	2
2	1	Пакет программ MathCad для выполнения инженерных расчетов (часть 2)	2
3	1	Пакет программ MathCad для выполнения инженерных расчетов (часть 3)	2
4	2	Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики летательных аппаратов (часть 1).	2
5	2	Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики летательных аппаратов (часть 2)	2
6	2	Метод перемещений	2
7	3	Метод конечных элементов в механике конструкций ЛА (часть 1)	2
8	3	Метод конечных элементов в механике конструкций ЛА (часть 2)	2
9	3	Метод конечных элементов в механике конструкций ЛА (часть 3)	2
10	4	Конечные элементы для моделирования деформаций силовых конструкций ЛА (часть 1)	2
11	4	Конечные элементы для моделирования деформаций силовых конструкций ЛА (часть 2)	2
12	4	Конечные элементы для моделирования деформаций силовых конструкций ЛА (часть 3)	2
13	5	Конечные элементы для моделирования среды и контактных взаимодействий конструкций ЛА (часть 1)	2
14	5	Конечные элементы для моделирования среды и контактных взаимодействий конструкций ЛА (часть 2)	2
15	6	Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики (часть 1)	2

16	6	Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики (часть2)	2
----	---	---	---

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Использование программно-вычислительного комплекса MathCad при выполнении инженерных расчетов. Решение систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений. Метод Ньютона (функции Find, Minerr), метод секущих (функция root). Экстремум функции.	2
2	1	Особенности использования программно-вычислительного комплекса MathCad при выполнении инженерных расчетов. Формирование матричных уравнений с использованием подматриц. Выполнение матричных операций	2
3	2	Расчет нагруженности и деформирования ферменной конструкции отсека ЛА матричным методом перемещений. Матрицы узловых сил и смещений. Решение системы уравнений МКЭ с помощью MathCad	2
4	2	Метод конечных элементов в механике конструкций. Краткая характеристика современных программных пакетов, реализующих метод конечных элементов	2
5	3	Особенности современных программных пакетов, реализующих метод конечных элементов. Примеры выполнения инженерного анализа при проектировании конструкций ЛА	2
6	3	Конечные элементы для моделирования деформаций силовых конструкций ЛА. Расчет характеристик деформирования конструкции рамы ДУ методом конечных элементов с помощью программного пакета Ansys (Nastran)	2
7	4	Моделирование элементов конструкций ЛА с использованием плоских и пространственных конечных элементов (пластина, оболочка, диск).	2
8	4	Особенности закрепления модели. силовое и тепловое воздействие.	2
9	4	Моделирование с использованием одномерных, плоских и пространственных конечных элементов (стержень, пластина, оболочка, диск, массив).	2
10	4	Решение задач нелинейного деформирования конструкций. Потеря несущей способности при сжимающих напряжениях и упруго- пластическом деформировании.	2
11	4	Решение задач нелинейного деформирования конструкций.	2
12	4	Потеря несущей способности при сжимающих напряжениях и упруго-пластических деформациях. Экспериментальное исследование продольного изгиба стержней тонкостенного сечения при осевом сжатии	2
13	4	Расчётные модели изгиба стержня и локального деформирования тонкостенных элементов его сечения.	2
14	4	Потеря устойчивости в общей и местной форме. Сравнение экспериментальных критических значений сжимающей нагрузки с полученными в результате аналитического расчета и анализа МКЭ	2
15	5	Решение задач нелинейного деформирования конструкций. Потеря несущей способности при сжимающих напряжениях, упруго- пластическое деформирование. Верификация расчётных моделей на примере задачи продольного изгиба сжатого стержня тонкостенного сечения.	2
16	5	Сравнение критических значений сжимающей нагрузки, полученных в результате аналитического расчета, анализа МКЭ в линейной и нелинейной постановке и испытаний стержней тонкостенного профиля	2
17	5	Конечные элементы для моделирования среды и контактных взаимодействий конструкций ЛА. Конечные элементы для моделирования контактных взаимодействий различных типов.	2

18	5	Задача Герца. Аналитическое решение и решение МКЭ.	2
19	6	Конечные элементы для моделирования среды и контактных взаимодействий конструкций ЛА. Конечные элементыЗадача Герца. Аналитическое решение и решение МКЭ. Моделирование контактных взаимодействий различных типов.	2
20	6	Моделирование контактных взаимодействий различных типов. Расчёт НДС фланцевого соединения. Сравнение с известными результатами расчёта и данными испытаний	2
21	6	НДС фланцевого соединения.	2
22	6	Сравнение расчёта МКЭ с известными результатами расчёта и данными испытаний	2
23	6	Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики	2
24	6	Определение собственных форм и частот колебаний конструкции МКЭ в Ansys	2
25	6	Определение собственных форм и частот колебаний балки. Экспериментальное исследование собственных форм и частот колебаний балки с использованием программно-аппаратного комплекса "LDS-LMS".	2
26	6	Экспериментальное исследование отклика балки на импульсное воздействие с использованием современного программно-аппаратного комплекса "LDS-LMS".	2
27	7	Верификация динамической расчётной модели на основе анализа результатов экспериментального исследования	2
28	7	Исследование конечно-элементной модели колебаний балки.	2
29	7	Определение влияния шага интегрирования по времени, шага узлов (количества элементов), демпфирования на динамический отклик системы	2
30	7	Динамические модели элементов конструкции ЛА	2
31	7	Формирование смешанной, балочно-оболочечной модели конструкции ЛА.	2
32	7	Оформление отчёта по результатам исследований и решения задач индивидуального задания в соответствии с ГОСТами на оформление научно-технических отчётов.	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
Подготовка к экзамену	Чернявский А.О. Применение метода конечных элементов в задачах расчета на прочность. / Учебное пособие - Челябинск, 2000. - 90 с.	8	51,5
Подготовка к зачету	Чернявский А.О. Применение метода конечных элементов в задачах расчета на прочность. / Учебное пособие - Челябинск, 2000. - 90 с.	7	53,75

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	Учитывается в ПА
1	7	Текущий контроль	Контрольное задание 1	20	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя. 10 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано с опозданием. 0 баллов - задание выполнено неверно.	зачет
2	7	Текущий контроль	Контрольное задание 2	20	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя. 10 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано с опозданием. 0 баллов - задание выполнено неверно.	зачет
3	7	Текущий контроль	Контрольное задание 3	20	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя. 10 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано с опозданием. 0 баллов - задание выполнено неверно.	зачет
4	7	Промежуточная аттестация	Зачет	-	40	Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводятся во время сдачи зачета. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 2 вопросов. Время, отведенное на опрос -40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 20 баллам. Частично правильный ответ соответствует 10 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40. Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 40. 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 %.	зачет

5	8	Текущий контроль	Контрольное задание 4	20	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя. 10 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано с опозданием. 0 баллов - задание выполнено неверно.	экзамен
6	8	Текущий контроль	Контрольное задание 5	20	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя. 10 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано с опозданием. 0 баллов - задание выполнено неверно.	экзамен
7	8	Текущий контроль	Контрольное задание 6	20	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя. 10 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано с опозданием. 0 баллов - задание выполнено неверно.	экзамен
8	8	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	40	Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время сдачи экзамена. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 2 вопросов. Время, отведенное на опрос -40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 20 баллам. Частично правильный ответ соответствует 10 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40. Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 40. 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 %.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время сдачи экзамена. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	<p>система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 2 вопросов. Время, отведенное на опрос -40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 20 баллам. Частично правильный ответ соответствует 10 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40.</p> <p>Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 40.</p> <p>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 %.</p>	
зачет	<p>Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время сдачи зачета. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 2 вопросов. Время, отведенное на опрос -40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 20 баллам. Частично правильный ответ соответствует 10 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 40. Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 40. 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 %.</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ							
		1	2	3	4	5	6	7	8

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) *основная литература:*

Не предусмотрена

б) *дополнительная литература:*

Не предусмотрена

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

1. 1. Математическое моделирование: ежемес. журн. / Рос. акад. наук, Отд-ние мат. наук, Ин-т мат. моделирования РАН
2. 2. Космические исследования : науч. журн. / Рос. акад. наук, Президиум РАН
3. 3. Вестник авиации и космонавтики : Всерос. аэрокосм. журн. / ЗАО "Изд. дом им. С. Скряникова
4. 4. Авиапанорама : журн. авиац.-косм. комплекса/ ООО "Высокие технологии и инновации"
5. 5. Полет: Авиация. Ракетная техника. Космонавтика: Общерос. науч.-техн. журн. / Изд-во "Маши-ностроение"
6. 6. Аэрокосмический курьер / ЗАО "Издат. дом "Созвездие-4"

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Чернявский А.О. Применение метода конечных элементов в задачах расчета на прочность. / Учебное пособие - Челябинск, 2000. - 90 с.
2. Варианты контрольных заданий

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. PTC-MathCAD(бессрочно)
4. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Самостоятельная работа студента	110 (2)	Класс вычислительной техники, оснащенный современными ПК. Программное обеспечение: Microsoft Office, MathCad, NASTRAN, ANSYS
Практические занятия и семинары	110 (2)	Класс вычислительной техники, оснащенный современными ПК. Программное обеспечение: Microsoft Office, MathCad, NASTRAN, ANSYS
Экзамен	308 (2)	Мультимедиа, компьютер
Зачет	110	Класс вычислительной техники, оснащенный современными ПК.

	(2)	Программное обеспечение: Microsoft Office, MathCad, NASTRAN, ANSYS
Лекции	306 (2)	Мультимедиа, компьютер