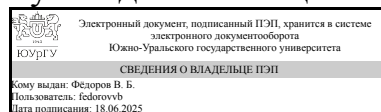


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности



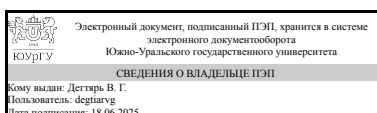
В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.19 Компьютерный инженерный анализ конструкций авиационной и ракетной техники
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
уровень Специалитет
форма обучения очная
кафедра-разработчик Летательные аппараты

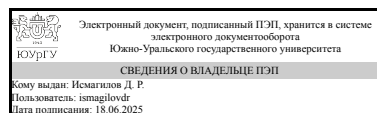
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

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



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
старший преподаватель



Д. Р. Исмагилов

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 проективных 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
ПК-1 Способен проводить техническое проектирование и создание изделий ракетной и ракетно-космической техники с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствии с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов	Знает: современные методы проведения расчетов аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники Умеет: применять современные системы автоматизированного проектирования при расчете аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники Имеет практический опыт: проведения расчетов по определению аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин,	Перечень последующих дисциплин,
------------------------------------	---------------------------------

видов работ учебного плана	видов работ
ФД.04 Конструкции космических аппаратов, ФД.02 Конструирование и изобретательство, 1.Ф.02 Устройство летательных аппаратов	1.Ф.08 Проектирование изделий ракетно-космической техники из композитных материалов, 1.Ф.09 Испытания летательных аппаратов

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

Дисциплина	Требования
ФД.04 Конструкции космических аппаратов	Знает: конструкции и их основные элементы космических аппаратов; классификация космических аппаратов Умеет: определять проектные параметры космических аппаратов Имеет практический опыт: выбора конструктивно-силовой схемы космических аппаратов; определения основных составных частей космических аппаратов
1.Ф.02 Устройство летательных аппаратов	Знает: инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, проектов, при достижении поставленных целей; классификацию деталей и механизмов летательных аппаратов; основные требования к деталям, узлам и механизмам летательных аппаратов; общие принципы и правила конструирования деталей и узлов механизмов летательных аппаратов Умеет: решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности, обосновывать выбор устройств в изделиях ракетно-космической техники; проводить конструирование деталей и узлов механизмов летательных аппаратов с использованием системного подхода Имеет практический опыт: управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, расчета параметров деталей и узлов механизмов летательных аппаратов; разработки рабочих и сборочных чертежей деталей и узлов механизмов летательных аппаратов
ФД.02 Конструирование и изобретательство	Знает: основные законы эволюции технических систем; основные источники информации для принятия технических решений; подходы и методы современной теории решения изобретательских задач Умеет: применять основные законы эволюции технических систем к анализу тенденций развития ракетной техники; оценивать полноту и достоверность получаемой информации для принятия технических решений Имеет практический опыт: выявления противоречий в конструкции и решение задач по

	их устранению с использованием методов теории решения изобретательских задач
--	--

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	Метод 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	6

2	2	Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики летательных аппаратов. Метод перемещений	6
3	3	Метод конечных элементов в механике конструкций ЛА	6
4	4	Конечные элементы для моделирования деформаций силовых конструкций ЛА.	6
5	5	Конечные элементы для моделирования среды и контактных взаимодействий конструкций ЛА	4
6	6	Метод конечных элементов в задачах динамики	4

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.	2
2	1	Особенности использования программно-вычислительного комплекса MathCad при выполнении инженерных расчетов. Формирование матричных уравнений с использованием подматриц. Выполнение матричных операций	2
3,4	2	Метод конечных элементов в механике конструкций. Краткая характеристика современных программных пакетов, реализующих метод конечных элементов	4
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 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). Особенности закрепления модели. силовое и тепловое воздействие.	4
8	4	Моделирование с использованием одномерных, плоских и пространственных конечных элементов (стержень, пластина, оболочка, диск, массив). Решение задач нелинейного деформирования конструкций. Потеря несущей способности при сжимающих напряжениях и упруго- пластическом деформировании.	4
9	4	Решение задач нелинейного деформирования конструкций. Потеря несущей способности при сжимающих напряжениях и упруго- пластических деформациях.	4
10	4	Расчётные модели изгиба стержня и локального деформирования тонкостенных элементов его сечения. Потеря устойчивости в общей и местной форме. Сравнение критических значений сжимающей нагрузок с полученными в результате аналитического расчета и анализа МКЭ	4
11	5	Решение задач нелинейного деформирования конструкций. Потеря несущей способности при сжимающих напряжениях, упруго- пластическое деформирование. Сравнение критических значений сжимающей нагрузок, полученных в результате аналитического расчета, анализа МКЭ в линейной и нелинейной постановке и испытаний стержней тонкостенного профиля	4
12	5	Конечные элементы для моделирования среды и контактных взаимодействий конструкций ЛА. Конечные элементы для моделирования контактных взаимодействий различных типов.	4
13	6	Задача Герца. Аналитическое решение и решение МКЭ.	4

14	6	Моделирование контактных взаимодействий различных типов.	6
15	6	Метод конечных элементов в задачах динамики. Определение собственных форм и частот колебаний конструкции МКЭ в Ansys	6
16,17	7	Моделирование динамического воздействия ударника на конструкцию. Определение влияния настроек расчетной модели на параметры состояния конструкции.	6
18,19	7	Динамические модели элементов конструкции ЛА. Формирование смешанной, балочно-оболочечной модели конструкции ЛА. Оформление отчёта по результатам исследований и решения задач индивидуального задания в соответствии с ГОСТами на оформление научно-технических отчётов.	6

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	1	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя. 14 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано вовремя. 7 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано с опозданием. 0 баллов - задание выполнено неверно.	зачет
2	7	Текущий контроль	Контрольное задание 2	1	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя.	зачет

						14 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано вовремя. 7 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано с опозданием. 0 баллов - задание выполнено неверно.	
3	7	Текущий контроль	Контрольное задание 3	2	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя. 14 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано вовремя. 7 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 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). 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 - 2. 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	1	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя. 14 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано вовремя. 7 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано с опозданием. 0 баллов - задание выполнено неверно.	экзамен
6	8	Текущий контроль	Контрольное задание 5	1	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя. 14 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано вовремя. 7 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано с опозданием. 0 баллов - задание выполнено неверно.	экзамен

7	8	Текущий контроль	Контрольное задание 6	2	20	20 баллов - задание выполнено верно, в полном объеме, сдано вовремя. 14 баллов - задание выполнено верно, в неполном объеме, сдано вовремя. 7 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 проводятся 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 - 3. 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 проводятся 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	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40. Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 3. 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	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). 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 - 2. 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							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ПК-1	Знает: современные методы проведения расчетов аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: применять современные системы автоматизированного проектирования при расчете аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: проведения расчетов по определению аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники				+	+	+	+	+

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:

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

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Кузьмин, А. М. Расчёт напряжённо-деформированного состояния оболочки камеры сгорания ракетного двигателя в среде ANSYS : учебное пособие / А. М. Кузьмин, А. И. Мустейкис. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 25 с. — ISBN 978-5-906920-66-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/121847 (дата обращения: 08.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Павлов, А. С. Решение задач механики деформируемого твёрдого тела в программе ANSYS : учебное пособие / А. С. Павлов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. — 34 с. — ISBN 978-5-85546-825-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/63695 (дата обращения: 08.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная	ЭБС	Банщикова, И. А. Комплекс ANSYS: анализ устойчивости

	литература	издательства Лань	конструкций : учебное пособие / И. А. Банщикова, М. А. Леган, К. А. Матвеев. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 66 с. — ISBN 978-5-7782-3383-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118128 (дата обращения: 08.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Брытков, Е. В. Численное моделирование прочностных задач в среде ANSYS : учебное пособие / Е. В. Брытков. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2022. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/382265 (дата обращения: 08.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. 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
Практические занятия и семинары	110 (2)	Класс вычислительной техники, оснащенный современными ПК. Программное обеспечение: Microsoft Office, MathCad, NASTRAN, ANSYS