ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Киселев В. И.
Пользователь: kiselevvi
Дата подписания: 28.05.2022

В. И. Киселев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.34 Метод конечных элементов
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
уровень Специалитет
форма обучения очная
кафедра-разработчик Прикладная математика и ракетодинамика

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,
к.техн.н., доц.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Киселев В. И.
Пользователь: kiselevvi
Дата подписания: 28.05.2022

В. И. Киселев

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., заведующий кафедрой

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Киселев В. И.
Пользователь: kiselevvi
Дата подписания: 28.05.2022

В. И. Киселев

Миасс

1. Цели и задачи дисциплины

Подготовка студентов к пользованию получившими широкое распространение универсальными пакетами («NASTRAN», «ANSYS» и др.), базирующимися на численном методе конечных элементов; развитие навыка дискретизации области определения, умения физически грамотного задания краевых условий задачи; а также развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей в процессе приобретения знаний по физике с использованием различных источников информации и современных информационных технологий.

Краткое содержание дисциплины

Разделы, рассматриваемые при изучении данной дисциплине: - Балки. Линейный статический анализ - Задачи на плоскости - Изопараметрические элементы и методы решения - Моделирование, погрешность и точность в линейном анализе - Твёрдые тела и твёрдые тела вращения - Пластины и оболочки - Тепловой анализ - Вибрации и динамика - Нелинейность в расчётах на прочность

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-2 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	Знает: Основы конструкционной прочности при статическом и динамическом нагружении и ее приложения Умеет: Решать задачи об оценке пределов безопасной эксплуатации конструкций с использованием специальной литературы по конструкционной прочности Имеет практический опыт: Пользоваться методами оценки безопасности эксплуатации элементов конструкции с трещинообразными дефектами при статическом и динамическом нагружении

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.14 Начертательная геометрия и инженерная графика, Учебная практика, проектно-конструкторская практика (4 семестр)	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
1.О.14 Начертательная геометрия и инженерная	Знает: метод ортогонального проецирования, как

графика	основу получения технического чертежа;особенности построения форм объектов в различных проекциях,основы оформления конструкторской документации, основные стандарты по общим правилам построения чертежей Умеет: строить различные геометрические образы и выполнять с ними разные операции и преобразования, оформлять конструкторскую документацию, выполнять проекционные и машиностроительные чертежи Имеет практический опыт: решения позиционных и метрических задач с различными геометрическими образами, выполнения и чтения различных чертежей
Учебная практика, проектно-конструкторская практика (4 семестр)	Знает: основные пути развития ракетостроения и космонавтики, основные пути развития и совершенствования авиационной и ракетно-космической деятельности, основные виды деятельности по будущей профессии Умеет: критически и системно анализировать достижения отрасли ракетостроения и космонавтики, критически и системно анализировать достижения авиационной и ракетно-космической техники;осуществлять поиск научно-технической информации в области авиационной и ракетно-космической техники, понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности Имеет практический опыт: поиска научно-технической информации по совершенствованию отрасли ракетостроения и космонавтики, проведения проектных работ и численных расчетов на компьютере

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		6
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия:	48	48
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	53,75	53,75

Решение задач	33,75	33.75
Подготовка к зачету	20	20
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение	2	2	0	0
2	Балки. Линейный статический анализ	4	2	2	0
3	Задачи на плоскости	4	2	2	0
4	Изопараметрические элементы и методы решения	4	2	2	0
5	Моделирование, погрешность и точность в линейном анализе	4	2	2	0
6	Твёрдые тела и твёрдые тела вращения	8	4	4	0
7	Пластины и оболочки	8	4	4	0
8	Тепловой анализ	4	2	2	0
9	Вибрации и динамика	4	2	2	0
10	Нелинейность в расчётах на прочность	6	2	4	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Метод конечных элементов, элементы и узлы, построение проблемы и анализ результатов, задачи пользователя метода, элементарная матричная алгебра.	2
2	2	Формулировка матрицы жёсткости балочных элементов, проблема сингулярности, механические нагрузки и напряжения, термические нагрузки и напряжения.	2
3	3	Элементы: треугольник постоянных напряжений, треугольник линейно распределённых напряжений, билинейный четырёхугольник Q4, квадратичный четырёхугольник Q8, улучшенный квадратичный четырёхугольник Q6, элементы с «винтовой» степенью свободы, элементы обобщённой формы, нагрузки, расчёт напряжений, примеры для сравнения, приложения.	2
4	4	Нумерация узлов, решение уравнений, преобразования, формулировка изопараметрических элементов, природа конечно-элементных решений, требования сходимости, бесконечная среда и бесконечные элементы, подструктуры, симметрия, ограничения.	2
5	5	Общий взгляд на моделирование, поведение структуры и поведение элемента, проверка элементов и их формы, проверочные случаи, свойства материалов, нагрузки, связи, граничные условия, планирование анализа, численные погрешности: источники и выявление, частые ошибки, критический взгляд на результаты конечно-элементного решения, концентрация напряжений, сходимость и улучшение сетки, оценка погрешностей.	2
6	6	Элементы для трёхмерных тел, приложения объёмных моделей, осесимметричные объёмные элементы, приложения осесимметричных моделей, несимметричные нагрузки.	4
7	7	Перемещения, деформации и напряжения в пластинах, конечные элементы	4

		пластин, оболочки и теория оболочек, конечные элементы оболочек, осесимметричные оболочки, приложения оболочек в обобщённой формулировке.	
8	8	Введение, базовые уравнения, конечные элементы в тепловом анализе, излучение и другие нелинейности, передача тепла, рассмотрение моделей.	2
9	9	Основные уравнения колебаний, матрица масс, свободные колебания, демпфирование, модальные уравнения, анализ динамического отклика, анализ спектра отклика, колебания и гармонический отклик, замечания и модели для рассмотрения.	2
10	10	Способы расчёта, критерии сходимости, геометрическая нелинейность, устойчивость, нелинейность материала, задачи контактов и зазоров.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
2	2	Построение геометрической модели	2
3-4	3	Построение конечно-элементных сеток	2
5-6	4	Работа со свойствами материалов	2
7-8	5	Работа с балочными элементами	2
9-10	6	Работа с плоскими элементами	4
11-12	7	Работа с объёмными элементами	4
13-14	8	Корректирование конечно-элементной сетки	2
15-16	9	Задание нагрузок и граничных условий	2
17-18	10	Анализ полученных результатов на адекватность	4

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
Решение задач	ПУМД, осн. лит. 1, 2; метод. пос. 1, 2.	6	33,75
Подготовка к зачету	ПУМД, осн. лит. 1, 2; доп. лит. 3; ЭУМД, осн. лит. 3-5; доп. лит. 1, 2; метод. пос. 1, 2.	6	20

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)

№	Се-	Вид	Название	Вес	Макс.	Порядок начисления баллов	Учи-

КМ	местр	контроля	контрольного мероприятия		балл		тыва-ется в ПА
1	6	Текущий контроль	Решение задачи раздела "Балки. Линейный статический анализ"	1	3	Каждому студенту дается по 1 задаче. Правильное решение задачи соответствует 3 баллам. Частично правильный ответ соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3.	зачет
2	6	Текущий контроль	Решение задачи раздела "Задачи на плоскости"	1	3	Каждому студенту дается по 1 задаче. Правильное решение задачи соответствует 3 баллам. Частично правильный ответ соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3.	зачет
3	6	Текущий контроль	Решение задачи раздела "Нелинейность в расчётах на прочность"	1	3	Каждому студенту дается по 1 задаче. Правильное решение задачи соответствует 3 баллам. Частично правильный ответ соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3.	зачет
4	6	Текущий контроль	Решение задачи раздела "Моделирование, погрешность и точность в линейном анализе"	1	3	Каждому студенту дается по 1 задаче. Правильное решение задачи соответствует 3 баллам. Частично правильный ответ соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3.	зачет
5	6	Проме-жуточная аттестация	Зачет	-	10	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. При условии выполнения всех мероприятий текущего контроля и достижении 60 % рейтинга обучающийся получает зачет. При желании повысить рейтинг за курс обучающийся на очном зачете опрашивается устно по вопросам, взятых из списка вопросов, выносимых на зачет. Веса задаются преподавателем при планировании контрольно-рейтинговых мероприятий на текущий семестр. Зачет проводится в устной форме. Зачет содержит 2 теоретических	зачет

						вопроса из списка, каждый из которых оценивается максимально в 5 баллов. Максимальное количество баллов, которое студент может набрать на зачете , составляет 10. Шкала оценивания ответа на теоретический вопрос: 5 баллов – вопрос раскрыт полностью, ошибок в ответе нет; 4 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 80%, ошибок в ответе нет; 3 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 80%, допущены 1–2 негрубые ошибки; 2 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 60%, ошибок нет, или вопрос раскрыт практически полностью, но содержит 1–2 ошибки; 1 балл – ответ не является логически обоснованным и законченным, содержит отрывочные сведения, не менее 20% от полного ответа; 0 баллов – ответ на вопрос отсутствует или менее 20% верных сведений	

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (зачет) для улучшения своего рейтинга. Зачет проводится в соответствии с расписанием. Зачет проводится в устной форме. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы в пределах выданной темы. Зачет содержит 2 теоретических вопроса из списка, каждый из которых оценивается максимально в 5 баллов. На подготовку отводится 0,5 часа.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ОПК-2	Знает: Основы конструкционной прочности при статическом и динамическом нагружении и ее приложения	+	+	+	+	+
ОПК-2	Умеет: Решать задачи об оценке пределов безопасной эксплуатации конструкций с использованием специальной литературы по конструкционной прочности	+	+	+	+	+
ОПК-2	Имеет практический опыт: Пользоваться методами оценки безопасности эксплуатации элементов конструкции с трещинообразными дефектами при статическом и динамическом нагружении	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Агапов, В.И. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций: учебное пособие /В.П.Агапов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. Издательство АСВ, 2004. - 248 с..:ил., табл.
2. Трушин, С.Н. Метод конечных элементов. Теория и задачи : учебное пособие / С.И.Трушин. - М. Издательство АСВ, 2008. - 256 с..: ил.

б) дополнительная литература:

1. Рыжков, И. Б. Основы научных исследований и изобретательства : учебное пособие / И. Б. Рыжков. - СПб. : Лань, 2013. - 224 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). + Электронный ресурс.
2. Лысенко, Л. Н. Наведение и навигация баллистических ракет : учебное пособие / Л. Н. Лысенко. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007
3. Дарков, А. В. Строительная механика : учебник для строительных спец. вузов / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. - М. : Высшая школа, 1986. - 607 с. : ил.

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Темис, Ю.М. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкций методом конечных элементов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Ю.М. Темис, Х.Х. Азметов. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2012. — 53 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52253
2. Котович, А.В. Решение задач теории упругости методом конечных элементов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Котович, И.В. Станкевич. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2012. — 112 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52244

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Темис, Ю.М. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкций методом конечных элементов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Ю.М. Темис, Х.Х. Азметов. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2012. — 53 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52253
2. Котович, А.В. Решение задач теории упругости методом конечных элементов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Котович, И.В. Станкевич. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский

государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2012. — 112 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52244

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Глазков, Ю.Ф. Специальные главы прочности. Расчет тонкостенных и стержневых конструкций методом конечных элементов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. — 79 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=69416
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Голованов, А.И. Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций [Электронный ресурс] : / А.И. Голованов, О.Н. Тюленева, А.Ф. Шигабутдинов. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2006. — 389 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50293
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Темис, Ю.М. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкций методом конечных элементов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Ю.М. Темис, Х.Х. Азметов. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2012. — 53 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52253
4	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Радин, В.П. Метод конечных элементов в динамических задачах сопротивления материалов [Электронный ресурс] : / В.П. Радин, Ю.Н. Самогин, В.П. Чирков. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2013. — 314 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59668
5	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Самогин, Ю.Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивляния материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Н. Самогин, В.Е. Хроматов, В.П. Чирков. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2012. — 200 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59633

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. -NX Nastran(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	302	1. Проектор портативный переносной 2. Экран переносной

	(5)	
Лабораторные занятия	302 (5)	Лаборатория «Основы автоматизированного проектирования ракет и РКТ» Компьютеры с доступом к Интернету
Практические занятия и семинары	302 (5)	1. Проектор портативный переносной 2. Экран переносной