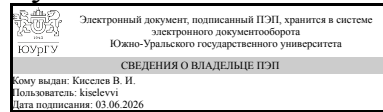


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель специальности



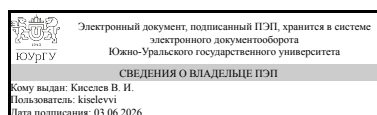
В. И. Киселев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.О.30 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

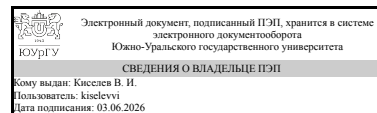
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

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



В. И. Киселев

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



В. И. Киселев

## 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 дисциплины: - 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: теоретические основы метода конечных элементов и базовые принципы его программной реализации Умеет: составлять матричные уравнения метода конечных элементов, определять оптимальный метод решения задачи Имеет практический опыт: составления математических моделей для расчётов нагрузок и прочности, применения МКЭ для решения задач прочности

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Производственная практика (ориентированная, цифровая) (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
Производственная практика (ориентированная, цифровая) (4 семестр)	Знает: методы и процессы сбора, передачи, обработки и накопления информации; передачи и обработки информации с помощью компьютера, программное обеспечение и технологии программирования Умеет: использовать

	возможности вычислительной техники и программного обеспечения для решения задач обработки информации в профессиональной деятельности, использовать языки и системы программирования для решения практических задач цифровизации в области профессиональной деятельности Имеет практический опыт: работы с прикладными программными средствами общего и специального назначения, работы на персональном компьютере в офисных приложениях, а также при составлении алгоритмов и разработки программных приложений для решения практических задач цифровизации в области профессиональной деятельности
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость 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	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75	
Подготовка к зачету	20	20	
Решение задач	33,75	33,75	
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	6	4	2	0
4	Изопараметрические элементы и методы решения	4	2	2	0
5	Моделирование, погрешность и точность в линейном анализе	6	4	2	0
6	Твёрдые тела и твёрдые тела вращения	6	4	2	0

7	Пластины и оболочки	6	4	2	0
8	Тепловой анализ	4	2	2	0
9	Вибрации и динамика	6	4	2	0
10	Нелинейность в расчётах на прочность	4	4	0	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
3-4	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.	4
5	4	Нумерация узлов, решение уравнений, преобразования, формулировка изопараметрических элементов, природа конечно-элементных решений, требования сходимости, бесконечная среда и бесконечные элементы, подструктуры, симметрия, ограничения.	2
6-7	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.	4
8-9	6	Элементы для трёхмерных тел, приложения объёмных моделей, осесимметричные объёмные элементы, приложения осесимметричных моделей, несимметричные нагрузки.	4
10-11	7	Перемещения, деформации и напряжения в пластинах, конечные элементы пластин, оболочки и теория оболочек, конечные элементы оболочек, осесимметричные оболочки, приложения оболочек в обобщённой формулировке.	4
12	8	Введение, базовые уравнения, конечные элементы в тепловом анализе, излучение и другие нелинейности, передача тепла, рассмотрение моделей.	2
13-14	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.	4
15-16	10	Способы расчёта, критерии сходимости, геометрическая нелинейность, устойчивость, нелинейность материала, задачи контактов и зазоров.	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Построение геометрической модели	2
2	3	Построение конечно-элементных сеток	2

3	4	Работа со свойствами материалов	2
4	5	Работа с балочными элементами	2
5	6	Работа с плоскими элементами	2
6	7	Работа с объёмными элементами	2
7	8	Корректирование конечно-элементной сетки	2
8	9	Задание нагрузок и граничных условий	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 зачету	ПУМД, осн. лит. 1, 2; доп. лит. 3; ЭУМД, осн. лит. 3-5; доп. лит. 1, 2; метод. пос. 1, 2.	6	20
Решение задач	ПУМД, осн. лит. 1, 2; метод. пос. 1, 2.	6	33,75

## 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	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	1	3	Каждому студенту дается по 1 задаче. Правильное решение задачи	зачет

			"Нелинейность в расчётах на прочность"			соответствует 3 баллам. Частично правильный ответ соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3.	
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	Промежуточная аттестация	Зачет	-	10	На зачете происходит оценивание учебной деятельности обучающихся. 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 билету, сформированному из вопросов, выносимых на зачет. Билет содержит два вопроса. Правильный ответ на вопрос соответствует 5 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10.	зачет

## 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. На зачет отводится 20 минут. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы в пределах выданного билета.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ KM				
		1	2	3	4	5
ОПК-2	Знает: теоретические основы метода конечных элементов и базовые принципы его программной реализации	+		+	+	+
ОПК-2	Умеет: составлять матричные уравнения метода конечных элементов, определять оптимальный метод решения задачи		++			++
ОПК-2	Имеет практический опыт: составления математических моделей для расчётов нагрузок и прочности, применения МКЭ для решения задач прочности			++		+

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](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](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](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

## Электронная учебно-методическая документация

Нет

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
Практические занятия и семинары	302 (5)	1. Проектор портативный переносной 2. Экран переносной 3. Меловая доска 4. Мел 5. Парты
Лекции	302 (5)	1. Проектор портативный переносной 2. Экран переносной 3. Меловая доска 4. Мел 5. Парты