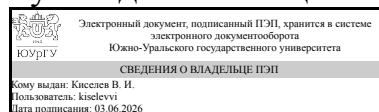


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности



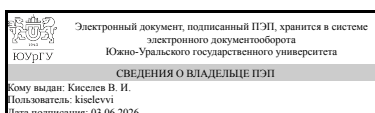
В. И. Киселев

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 Прикладная математика и ракетодинамика

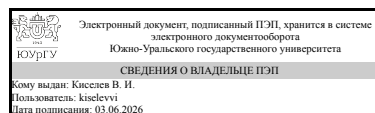
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

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

Целью преподавания дисциплины является формирование: - представления о современных программных комплексах автоматизированного проектирования и разработки сложных конструкций; - понимания особенностей использования программных средств и вычислительной техники в инженерной практике; - профессиональных навыков выполнения инженерных расчетов на ПЭВМ с использованием программных комплексов конечно-элементного анализа конструкции. Задачей дисциплины является изложение: - основных принципов и особенностей выполнения инженерных расчетов с использованием современных вычислительных программных комплексов; - теоретических основ и алгоритмом метода конечных элементов применительно к решению задач механики сплошных сред и, в частности, прочностных расчетов тонкостенных конструкций корпуса ЛА; - последовательности решения задач прочностного анализа конструкций ЛА с использованием комплекса программ NASTRAN, ANSYS.

Краткое содержание дисциплины

Программно-вычислительный комплекс MathCad при выполнении инженерных расчетов. Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики стержневых систем. Основные понятия вариационных методов в механике сплошных сред. Матричный метод перемещений для стержневых систем. Метод конечных элементов в механике конструкций Конечные элементы сплошной среды. Численное интегрирование в методе конечных элементов Особенности вычисления напряжений. Сглаживание напряжений. Критерии сходимости метода конечных элементов. Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики. Программно-вычислительные комплексы конечноэлементного анализа ANSYS, NASTRAN, Kosmos/M.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-6 Способен проводить расчеты нагрузок и сопровождение на всех этапах жизненного цикла изделий РКТ	Знает: современные программные средства анализа систем РКТ Умеет: использовать при разработке конструкции ракеты современные программные средства математических, проектировочных и прочностных расчетов Имеет практический опыт: методами обработки результатов вычислительных экспериментов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
ФД.02 Инструментальные средства инженерных расчетов	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
ФД.02 Инструментальные средства инженерных расчетов	Знает: принципы математического и компьютерного моделирования объектов и систем, методы декомпозиции сложных систем на подсистемы и организации связей между элементами систем. Умеет: осуществлять выбор оптимальных для поставленной задачи программных средств моделирования. синтезировать с помощью выбранных программных средств необходимые функциональные модели поведения объектов и систем Имеет практический опыт: математического моделирования разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия

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 контрольным работам	35,25	13,75	21,5
Подготовка к экзамену	30	0	30
Подготовка докладов	20	20	0
Подготовка к зачёту	20	20	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	Особенности использования программно-вычислительного комплекса MathCad при выполнении инженерных расчетов.	8	2	6	0
2	Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики стержневых систем.	8	2	6	0
3	Основные понятия вариационных методов в механике сплошных сред.	8	2	6	0
4	Матричный метод перемещений для стержневых систем.	8	2	6	0
5	Метод конечных элементов в механике конструкций	8	2	6	0
6	Конечные элементы сплошной среды.	8	2	6	0
7	Численное интегрирование в методе конечных элементов	10	4	6	0
8	Особенности вычисления напряжений. Сглаживание напряжений.	8	4	4	0
9	Критерии сходимости метода конечных элементов	8	4	4	0
10	Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики.	6	2	4	0
11	Особенности практических расчетов с использованием программных комплексов конечноэлементного анализа ANSYS, NASTRAN, Kosmos/M.	16	6	10	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Программно-вычислительный комплекс MathCad при выполнении инженерных расчетов.	2
2	2	Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики стержневых систем.	2
3	3	Основные понятия вариационных методов в механике сплошных сред.	2
4	4	Матричный метод перемещений для стержневых систем.	2
5	5	Метод конечных элементов в механике конструкций	2
6	6	Конечные элементы сплошной среды.	2
7-8	7	Численное интегрирование в методе конечных элементов	4
9-10	8	Особенности вычисления напряжений. Сглаживание напряжений.	4
11-12	9	Критерии сходимости метода конечных элементов.	4
13	10	Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики.	2
14-16	11	Программно-вычислительные комплексы конечноэлементного анализа ANSYS, NASTRAN, Kosmos/M.	6

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1-3	1	Особенности использования программно-вычислительного комплекса MathCad при выполнении инженерных расчетов	6
4-6	2	Расчет ферменной конструкции матричным методом перемещений. Геометрическая модель конструкции. Система координат. Матрицы узловых сил и смещений.	6
7-9	3	Местные системы координат. Матрицы жесткости стержней в местных осях. Матрица преобразования координат. Определение матрицы жесткости элементов в общей системе координат.	6

10-12	4	Матрица жесткости конструкции. Решение системы уравнений. Вычисление узловых перемещений и сил в стержнях.	6
13-15	5	Расчет ферменной конструкции методом конечных элементов. Идеализация конструкции. Геометрическая модель. Физическая модель. Решение задачи в среде ANSYS. Представление и обработка результатов расчета перемещений и напряжений в элементах конструкции	6
16-18	6	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели.	6
19-21	7	Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок.	6
22-23	8	Определение собственных форм и частот.	4
24-25	9	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели. Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок. Определение собственных форм и частот.	4
26-27	10	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели. Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок. Определение собственных форм и частот.	4
28-29	11	Особенности практических расчетов с использованием программных комплексов конечноэлементного анализа ANSYS, NASTRAN, Kosmos/M.	4
30-32	11	Особенности практических расчетов с использованием программных комплексов конечноэлементного анализа ANSYS, NASTRAN, Kosmos/M.	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 контрольным работам	ПУМД, осн. лит. 1-2; доп.лит. 1; ЭУМД, осн.лит. 1-4, 6; доп. лит. 5,7; метод.пос. 1-3.	8	21,5
Подготовка к экзамену	ПУМД, осн. лит. 1-2; доп.лит. 1; ЭУМД, осн.лит. 1-4, 6; доп. лит. 5,7; метод.пос. 1-3.	8	30
Подготовка к контрольным работам	ПУМД, осн. лит. 1-2; доп.лит. 1; ЭУМД, осн.лит. 1-4, 6; доп. лит. 5,7; метод.пос. 1-3.	7	13,75
Подготовка докладов	ПУМД, осн. лит. 1-2; доп.лит. 1; ЭУМД, осн.лит. 1-4, 6; доп. лит. 5,7; метод.пос. 1-3.	7	20
Подготовка к зачёту	ПУМД, осн. лит. 1-2; доп.лит. 1; ЭУМД, осн.лит. 1-4, 6; доп. лит. 5,7; метод.пос. 1-3.	7	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)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	7	Текущий контроль	Контрольная работа 1	1	3	Контрольная работа проводится на последнем занятии изучаемого раздела и состоит из двух задач. На контрольную работу отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильно решенная задача оценивается в 3 балла. Частично-правильная задача оценивается в 2 балла. Не правильно решенная задача оценивается в 0 баллов.	зачет
2	7	Текущий контроль	Контрольная работа 2	1	3	Контрольная работа проводится на последнем занятии изучаемого раздела и состоит из двух задач. На контрольную работу отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильно решенная задача оценивается в 3 балла. Частично-правильная задача оценивается в 2 балла. Не правильно решенная задача оценивается в 0 баллов.	зачет
3	7	Текущий контроль	Контрольная работа 3	1	3	Контрольная работа проводится на последнем занятии изучаемого раздела и состоит из двух задач. На контрольную работу отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильно решенная задача оценивается в 3 балла. Частично-правильная задача оценивается в 2 балла. Не правильно решенная задача оценивается в 0 баллов.	зачет
4	7	Текущий контроль	Контрольная работа 4	1	3	Контрольная работа проводится на последнем занятии изучаемого раздела и состоит из двух задач. На контрольную работу отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания	зачет

						результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильно решенная задача оценивается в 3 балла. Частично-правильная задача оценивается в 2 балла. Не правильно решенная задача оценивается в 0 баллов.	
5	7	Текущий контроль	Контрольная работа 5	1	3	Контрольная работа проводится на последнем занятии изучаемого раздела и состоит из двух задач. На контрольную работу отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильно решенная задача оценивается в 3 балла. Частично-правильная задача оценивается в 2 балла. Не правильно решенная задача оценивается в 0 баллов.	зачет
6	7	Текущий контроль	Доклад	1	3	Доклад защищается в устной форме. На защиту отводится 10 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Тема полностью раскрыта, студент смог ответить на все вопросы - 3 балла. Тема полностью раскрыта, студент не смог ответить на все вопросы 2 балла. Тема доклада не раскрыта, студент не может ответить не на один вопрос 0 баллов.	зачет
7	7	Промежуточная аттестация	Зачёт	-	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
8	8	Промежуточная аттестация	Контрольная работа 6	-	3	Контрольная работа проводится на последнем занятии изучаемого раздела и состоит из двух задач. На контрольную работу отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности	экзамен

						обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильно решенная задача оценивается в 3 балла. Частично-правильная задача оценивается в 2 балла. Не правильно решенная задача оценивается в 0 баллов.	
9	8	Текущий контроль	Контрольная работа 7	1	3	Контрольная работа проводится на последнем занятии изучаемого раздела и состоит из двух задач. На контрольную работу отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильно решенная задача оценивается в 3 балла. Частично-правильная задача оценивается в 2 балла. Не правильно решенная задача оценивается в 0 баллов.	экзамен
10	8	Промежуточная аттестация	Контрольная работа 8	-	3	Контрольная работа проводится на последнем занятии изучаемого раздела и состоит из двух задач. На контрольную работу отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильно решенная задача оценивается в 3 балла. Частично-правильная задача оценивается в 2 балла. Не правильно решенная задача оценивается в 0 баллов.	экзамен
11	8	Текущий контроль	Контрольная работа 9	1	3	Контрольная работа проводится на последнем занятии изучаемого раздела и состоит из двух задач. На контрольную работу отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильно решенная задача оценивается в 3 балла. Частично-правильная задача оценивается в 2 балла. Не правильно решенная задача оценивается в 0 баллов.	экзамен
12	8	Текущий контроль	Контрольная работа 10	1	3	Контрольная работа проводится на последнем занятии изучаемого раздела и состоит из двух задач. На контрольную работу отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильно решенная задача оценивается в 3 балла. Частично-правильная задача оценивается в	экзамен

						2 балла. Не правильно решенная задача оценивается в 0 баллов.	
13	8	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	20	На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся. Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. При условии выполнения всех мероприятий текущего контроля и достижении 60-100% рейтинга обучающийся получает соответствующую рейтинговую оценку. При желании повысить рейтинг за курс обучающийся на очном экзамене опрашивается по билету, сформированному из вопросов, выносимых на экзамен. Билет содержит два вопроса. Правильный ответ на вопрос соответствует 10 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 20.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (экзамена) для улучшения своего рейтинга. Экзамен проводится в соответствии с расписанием экзаменационной сессии. На экзамен отводится 30 минут. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы в пределах выданной темы.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
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	№ КМ													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
ПК-6	Знает: современные программные средства анализа систем РКТ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-6	Умеет: использовать при разработке конструкции ракеты современные программные средства математических, проектировочных и прочностных расчетов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-6	Имеет практический опыт: методами обработки результатов вычислительных экспериментов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Корилов, А. М. Теория систем и системный анализ [Текст] : учебное пособие / А. М. Корилов, С. Н. Павлов. - М. : Инфра-м, 2017
2. Савицкая, Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия: учебник для вузов / Г.В.Савицкая.- 5-е изд., перераб. и доп.- М.: Инфра-М, 2010.-536 с

б) дополнительная литература:

1. Савицкая, Г.В. Экономический анализ: учебник для вузов по экон. направ.и спец.: рек. МО / Г.В.Савицкая.- 14-е изд., перераб. и доп.- М.:Инфра-М, 2011.- 649 с

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Алямовский, А.А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2015. — 562 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/69953>
2. 1. Система Mathcad. Матричные вычисления : методические указания к выполнению лабораторной работы / составитель Н.Н. Цыбина ; под ред. Б.М. Суховилова. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – электрон. текстовые дан.
3. Мельников, В.Г. Компьютерные лабораторные работы в системе инженерного анализа. [Электронный ресурс] / В.Г. Мельников, С.Е. Иванов, Г.И. Мельников. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2012. — 65 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/40832>

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Алямовский, А.А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2015. — 562 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/69953>
2. 1. Система Mathcad. Матричные вычисления : методические указания к выполнению лабораторной работы / составитель Н.Н. Цыбина ; под ред. Б.М. Суховилова. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – электрон. текстовые дан.
3. Мельников, В.Г. Компьютерные лабораторные работы в системе инженерного анализа. [Электронный ресурс] / В.Г. Мельников, С.Е. Иванов, Г.И. Мельников. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2012. — 65 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/40832>

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной	Библиографическое описание
---	----------------	------------------------------------	----------------------------

		форме	
5	Дополнительная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Замышляева, А. А. Уравнения соболевского типа на графах [Электрон. текстовые дан.] : учеб. пособие по направлению "Математика" / А. А. Замышляева, О. Н. Цыпленкова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Уравнения мат. физики ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2016 . - Режим доступа : http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000540755
6	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Соболев, А. Н. Компьютерная физика [Электрон. текстовые дан.] : учеб. пособие по направлению "Приклад. математика и физика" / А. Н. Соболев, А. Г. Воронцов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Общ. и теорет. физика ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2016 . - Режим доступа : http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000551107
7	Дополнительная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Павловская, О. О. Научно-конструкторские разработки. Поиск идеи и технико-экономическое обоснование [Электрон. текстовые дан.] : учеб. пособие по направлениям 220100.68 и 230100.68 / О. О. Павловская ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы упр.; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2014. - Режим доступа : http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000529029

Перечень используемого программного обеспечения:

1. -Windchill PDMLink(бессрочно)
2. -Creo Academic(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
Лекции	315 (5)	Компьютеры с доступом в интернет
Самостоятельная работа студента	315 (5)	Компьютеры с доступом в интернет
Экзамен	315 (5)	Не предусмотрено
Практические занятия и семинары	315 (5)	Компьютеры с доступом в интернет