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: 14.05.2023

В. И. Киселев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.03 Вариационные методы в проектировании ЛА
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: 14.05.2023

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: 14.05.2023

В. И. Киселев

Миасс

1. Цели и задачи дисциплины

Обеспечить математическое образование дипломированного специалиста, достаточное для изучения других дисциплин, а также для работы по специальности.

Краткое содержание дисциплины

Задачи, приводящие к вариационным проблемам (на примере задачи Дидоны, задачи о брахистохроне). Понятие функционала. Понятие вариации функции и вариации функционала. Лемма Лагранжа, лемма Дюбуа-Реймона. Простейшая вариационная задача. Уравнение Эйлера. Вывод уравнения Эйлера. Анализ уравнения Эйлера для различных случаев функционала (допускающих понижение порядка). Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления (функционал от нескольких функций, с производными высшего порядка, от функции многих переменных). Канонический вид уравнений Эйлера. Задача со свободными концами. Условия трансверсальности. Параметрическое представление задачи. Инвариантность уравнения Эйлера. Метод множителей Лагранжа в задачах ВИ. Первое необходимое условие экстремума. Следствия из него (уравнение Эйлера, уравнение Вейерштрасса-Эрдмана, условие Гильберта).Поле экстремалей. Понятие поля экстремалей. С-дискриминант, огибающая, сопряженная точка. Достаточное условие Якоби включения экстремали в поле экстремалей. Достаточное условие Лежандра включения экстремали в поле экстремалей. Фигуратриса. Достаточные условия экстремума (Вейерштрасса, Лежандра). Задачи на условный экстремум. Задача отыскания геодезических. Изопериметрическая задача. Обобщения.Разрывные задачи. Односторонние вариации. Теория Гамильтона-Якоби. Вариационные принципы механики (принцип Гамильтона-Остроградского, принцип наименьшего действия в форме Лагранжа). Уравнение Гамильтона-Якоби. Теорема Якоби. Общая идея прямых методов. Метод Эйлера. Метод Ритца. Метод Канторовича.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Знает: проблемные ситуации на основе системного подхода Умеет: использовать CALS- технологии Имеет практический опыт: разрабатывать последовательность решения поставленной задачи

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.29 История ракетно-космической техники	1.О.33 Основы патентных исследований, 1.О.21 Планирование эксперимента и методы обработки результатов в проектировании летательных аппаратов

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

Дисциплина	Требования
1.О.29 История ракетно-космической техники	Знает: основные пути развития и совершенствования авиационной и ракетно-космической деятельности, историю развития ракетно-космической техники, роль русских ученых в развитии ракетно-космической техники, историю ВУЗа Умеет: критически и системно анализировать достижения авиационной и ракетно-космической техники, анализировать пути развития РКТ Имеет практический опыт: поиска научно-технической информации в области авиационной и ракетно-космической техники, применения основных законов и понятий ракетно-космической техники

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
		7
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия:	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	53,75	53,75
Решение задач	33,75	33.75
Подготовка к зачёту	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	Первая вариация и необходимые условия экстремума	12	4	8	0
2	Вторая вариация и достаточные условия экстремума	18	6	12	0
3	Канонические уравнения и вариационные	12	4	8	0

	принципы				
4	Прямые методы вариационного исчисления	6	2	4	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Задачи, приводящие к вариационным проблемам (на примере задачи Дидоны, задачи о брахистохроне). Понятие функционала. Понятие вариации функции и вариации функционала. Лемма Лагранжа, лемма Дюбуа-Реймона. Простейшая вариационная задача. Уравнение Эйлера. Вывод уравнения Эйлера. Анализ уравнения Эйлера для различных случаев функционала (допускающих понижение порядка).	2
2	1	Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления (функционал от нескольких функций, с производными высшего порядка, от функции многих переменных). Канонический вид уравнений Эйлера. Параметрическое представление задачи. Инвариантность уравнения Эйлера. Метод множителей Лагранжа в задачах ВИ. Первое необходимое условие экстремума. Следствия из него (уравнение Эйлера, уравнение Вейерштрасса-Эрдмана, условие Гильберта). Задача со свободными концами. Условия трансверсальности.	2
3	2	Поле экстремалей. Понятие поля экстремалей. С-дискриминант, огибающая, сопряженная точка. Достаточное условие Якоби включения экстремали в поле экстремалей.	2
4	2	Достаточное условие Лежандра включения экстремали в поле экстремалей. Фигуратриса. Достаточные условия экстремума (Вейерштрасса, Лежандра).	2
5	2	Задачи на условный экстремум. Задача отыскания геодезических. Изопериметрическая задача. Обобщения.	2
6	3	Разрывные задачи. Односторонние вариации. Теория Гамильтона-Якоби.	2
7	3	Вариационные принципы механики (принцип Гамильтона-Остроградского, принцип наименьшего действия в форме Лагранжа). Уравнение Гамильтона-Якоби. Теорема Якоби.	2
8	4	Общая идея прямых методов. Метод Эйлера. Метод Ритца. Метод Канторовича.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Задачи, приводящие к вариационным проблемам. Понятие функционала. Понятие вариации функции и вариации функционала. Простейшая вариационная задача. Уравнение Эйлера. Вывод уравнения Эйлера. Анализ уравнения Эйлера для различных случаев функционала (допускающих понижение порядка).	4
2	1	Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления (функционал от нескольких функций, с производными высшего порядка, от функции многих переменных). Канонический вид уравнений Эйлера. Параметрическое представление задачи. Инвариантность уравнения Эйлера. Метод множителей Лагранжа в задачах ВИ. Первое необходимое условие экстремума. Уравнение Эйлера, уравнение Вейерштрасса-Эрдмана, условие Гильберта. Задача со свободными концами. Условия трансверсальности.	4

3	2	Поле экстремалей. Понятие поля экстремалей. С-дискриминант, огибающая, сопряженная точка. Достаточное условие Якоби включения экстремали в поле экстремалей.	4
4	2	Достаточное условие Лежандра включения экстремали в поле экстремалей. Фигуратриса. Достаточные условия экстремума (Вейерштрасса, Лежандра).	4
5	2	Задачи на условный экстремум. Задача отыскания геодезических. Изопериметрическая задача. Обобщения.	4
6	3	Разрывные задачи. Односторонние вариации. Теория Гамильтона-Якоби.	4
7	3	Вариационные принципы механики (принцип Гамильтона-Остроградского, принцип наименьшего действия в форме Лагранжа). Уравнение Гамильтона-Якоби. Теорема Якоби.	4
8	4	Общая идея прямых методов. Метод Эйлера. Метод Ритца. Метод Канторовича	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, доп. лит. 1; ЭУМД, осн. лит. 5-7; доп. лит. 2-4; метод. пос. 1-6.	7	33,75
Подготовка к зачёту	ПУМД, доп. лит. 1; ЭУМД, осн. лит. 5-7; доп. лит. 2-4; метод. пос. 1-6.	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	Учи-тыва-ется в ПА
1	7	Текущий контроль	Задача 1	1	3	Решение задач осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. На решение 1 задачи отводится 0,5 часа. Каждому студенту дается по 1 задаче. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильное решение задачи соответствует 3 баллам. Частично правильный ответ	зачет

						соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.	
2	7	Текущий контроль	Задача 2	1	3	Решение задач осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. На решение 1 задачи отводится 0,5 часа. Каждому студенту дается по 1 задаче. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильное решение задачи соответствует 3 баллам. Частично правильный ответ соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.	зачет
3	7	Текущий контроль	Задача 3	1	3	Решение задач осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. На решение 1 задачи отводится 0,5 часа. Каждому студенту дается по 1 задаче. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильное решение задачи соответствует 3 баллам. Частично правильный ответ соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.	зачет
4	7	Текущий контроль	Задача 4	1	3	Решение задач осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. На решение 1 задачи отводится 0,5 часа. Каждому студенту дается по 1 задаче. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильное решение задачи соответствует 3 баллам. Частично правильный ответ соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.	зачет
5	7	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	зачет

						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 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
УК-1	Знает: проблемные ситуации на основе системного подхода	+	+	+	+	+

УК-1	Умеет: использовать CALS- технологии	+	+	+	+	+
УК-1	Имеет практический опыт: разрабатывать последовательность решения поставленной задачи	+	+	+	+	+

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:

1. Бугров, Я. С. Высшая математика. Дифференциальные уравнения. Кратные интегралы. Ряды. Функции комплексного переменного : учебник для вузов / Я. С. Бугров, С. М. Никольский. - М. : Наука, 1985. - 464 с.

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Соколов, А. В. Методы оптимальных решений. В 2 т. : учебное пособие . Т. 1 : Общие положения. Математическое программирование / А. В. Соколов, В. В. Токарев. - М. : Физматлит, 2011. - 564 с. - (Анализ и поддержка решений).
2. Токарев, В. В. Методы оптимальных решений. В 2 т. : учебное пособие . Т. 2 : Многокритериальность. Динамика. Неопределенность / В. В. Токарев. - М. : Физматлит, 2011. - 420 с. - (Анализ и поддержка решений).
3. Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2015. — 220 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=70710
4. Поршнев, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD [Электронный ресурс] : . — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 727 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=650
5. Паршев, Л.П. Вариационное исчисление [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Л.П. Паршев, А.В. Калинкин, А.В. Мастихин. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2010. — 56 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52058
6. Абдрахманов, В.Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Абдрахманов, А.В. Рабчук. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 112 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45675

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2015. — 220 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=70710
2. Поршнев, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD [Электронный ресурс] : . — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 727 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=650
3. Паршев, Л.П. Вариационное исчисление [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Л.П. Паршев, А.В. Калинкин, А.В. Мастихин. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2010. — 56 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52058
4. Абдрахманов, В.Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Абдрахманов, А.В. Рабчук. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 112 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45675

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Токарев, В.В. Методы оптимальных решений. В 2 т. Т.2. Многокритериальность. Динамика. Неопределенность [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2012. — 415 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59653
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Карп, К.А. Инженерные методы вероятностного анализа авиационных и космических систем [Электронный ресурс] : / К.А. Карп, В.Н. Евдокименко, В.Г. Динеев. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2009. — 317 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2196
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Паршев, Л.П. Вариационное исчисление [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Л.П. Паршев, А.В. Калинкин, А.В. Мастихин. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2010. — 56 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52058
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Мышкис, А.Д. Математика для технических ВУЗов. Специальные курсы. [+Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 633 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=282
5	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Абдрахманов, В.Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Абдрахманов, А.В. Рабчук. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 112 с. — Режим доступа:

			http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45675
6	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Романко, В.К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2015. — 345 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=70785
7	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Косяков, М.С. Введение в распределенные вычисления [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — Спб. : НИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2014. — 155 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=70827

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

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	304 (5)	1. Процессор CEL-1700/ASUS P4BGL/256M/40G/DVD 2. Монитор SAMSUNG 17” SuncMaster 765 MB 3. Проектор Toshiba TDP-T95 4. Экран Matte White S 200x200 5. Колонки SVEN 611
Практические занятия и семинары	304 (5)	1. Процессор CEL-1700/ASUS P4BGL/256M/40G/DVD 2. Монитор SAMSUNG 17” SuncMaster 765 MB 3. Проектор Toshiba TDP-T95 4. Экран Matte White S 200x200 5. Колонки SVEN 611