ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Институт естественных и точных наук

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Замышляева А. А.
Пользователь: zamyshliaevaaa
Дата подписания: 30.01.2022

А. А. Замышляева

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П1.14.02 Методы оптимального управления
для направления 01.03.03 Механика и математическое моделирование
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Механика и математическое моделирование жидкости, газа и плазмы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Вычислительная механика

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 10

Зав.кафедрой разработчика,
к.физ.-мат.н., доц.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Шестаковская Е. С.
Пользователь: shestakovskaiaes
Дата подписания: 25.01.2022

Е. С. Шестаковская

Разработчик программы,
д.физ.-мат.н., доц., профессор

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Плеханова М. В.
Пользователь: plekhanovamv
Дата подписания: 14.01.2022

М. В. Плеханова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной программы
д.физ.-мат.н., проф.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Ковалев Ю. М.
Пользователь: kovalevym
Дата подписания: 25.01.2022

Ю. М. Ковалев

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является углубленное изучение принципов оптимизации динамических систем на основе теории экстремальных задач с использованием аналитических, численных и имитационных методов. Изучение возможности применения методов оптимального управления в механике. Указанная цель достигается за счёт решения следующих задач: • изучение основных методов теории оптимального управления, в частности линейного программирования, выпуклого анализа и др. • изучение основных типов моделей управляемых систем и математических методов их исследования; • изучение и освоение принципов построения численных алгоритмов оптимизации динамических систем; • разработка моделей реальных систем различных классов с использованием методов теории управления; • обработка и анализ результатов оптимизации реальных систем для выявления экстремальных свойств и закономерностей, присущих процессам, протекающим в системах.

Краткое содержание дисциплины

Основы теория управления, управление возмущенными системами, управление в условиях неопределенности, методы оптимизации, в частности методы минимизации одной переменной; элементы выпуклого анализа.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 Владение навыками самостоятельного анализа поставленной задачи, выбора корректного метода ее решения, построение алгоритма и его реализации.	Знает: основные методы теории оптимального управления Умеет: умеет анализировать результаты оптимизации реальных систем для выявления экстремальных свойств и закономерностей Имеет практический опыт: разработки моделей реальных систем различных классов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Методы вычислений	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Методы вычислений	Знает: основные подходы и методы численного решения модельных уравнений и их систем Умеет: разрабатывать и программно реализовывать вычислительные алгоритмы Имеет практический опыт:

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 62,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		8
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия:	56	56
Лекции (Л)	28	28
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	28	28
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	45,75	45,75
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Индивидуальное задание по теме "Оптимальное управление"	14	14
Подготовка к дифф. зачету	19,75	19.75
Выполнение домашних заданий	12	12
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	диф.зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Устойчивость	12	8	4	0
2	Линейные управляемые динамические системы.	18	10	8	0
3	Задачи управления	26	10	16	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основные положения теории устойчивости Ляпунова нелинейных систем.	2
2	1	Функции Ляпунова. Теоремы прямого метода об устойчивости и неустойчивости.	2
3	1	Теорема об устойчивости по первому приближению.	2
4	1	Критерий Рауса-Гурвица. Запас устойчивости.	2
5	2	Структурная схема линейной управляемой динамической системы. Понятие о входах и выходах.	2
6	2	Представление линейных управляемых систем в пространстве состояний. Преобразование Лапласа.	2

7	2	Представление управляемой системы в виде передаточной функции. Понятия внутренней устойчивости и устойчивости по характеристике «вход-выход». Задача стабилизации линейной системы посредством обратной связи	2
8	2	Передаточные функции разомкнутой и замкнутой системы. Условия устойчивости разомкнутой и замкнутой систем.	2
9	2	Управляемые системы в дискретном времени.	2
10	3	Управляемость. Простейший пример, демонстрирующий конструктивность понятий управляемости и наблюдаемости. Наблюдаемость. Критерий наблюдаемости. Построение асимптотически устойчивого алгоритма оценивания для вполне наблюдаемой системы	2
11	3	Метод наименьших квадратов. Его вероятностная интерпретация. Оценивание вектора состояния по критерию минимума дисперсии ошибки при помощи измерения другого вектора, корреляционно связанного с вектором состояния.	2
12	3	Фильтр Калмана. Динамическая система в дискретном времени со случайными возмущениями. Дискретный фильтр Калмана. Связь оценки по Калману с оценкой по методу наименьших квадратов.	2
13	3	Принцип максимума Понтрягина. Иерархия уровней управления движением. Структура двухуровневого управления механическими системами. Оптимизация прихода на многообразие. Понятие сильного и слабого минимума	2
14	3	Задача Больца. Приращение функционала в задаче с фиксированным временем и свободным концом траектории. Классическая вариация и необходимое условие слабого локального минимума. Связь с вариационным исчислением.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Устойчивость: функции Ляпунова, устойчивость по первому приближению, критерий Рауса-Гурвица.	2
2	1	Линейные управляемые динамические системы: преобразование Лапласа; ставление управляемой системы в виде передаточной функции; задача стабилизации линейной системы посредством обратной связи.	2
3	2	Линейные управляемые динамические системы: преобразование Лапласа; представление управляемой системы в виде передаточной функции; передаточные функции разомкнутой и замкнутой системы.	2
4	2	Управляемые системы в дискретном времени	2
5	2	Дискретное преобразование Лапласа; критерий Рауса-Гурвица для систем в дискретном времени.	2
6	2	Управляемость, наблюдаемость	2
7	3	Декомпозиция динамических систем	2
8	3	Метод наименьших квадратов	2
9	3	Фильтр Калмана	2
10	3	Принцип максимума Понтрягина, сильный и слабый минимум, программные траектории и программные управления.	2
11	3	Динамическое программирование. Динамическая система с двумя уровнями управления.	2
12	3	Необходимые условия оптимизации в вариационных задачах управления	2
13	3	Оптимальное управление регулярными интегральными системами	2

14	3	Оптимальное управление интегродифференциальными системами	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
Индивидуальное задание по теме "Оптимальное управление"	Эл. лит. 1 (гл. I стр. 11-59), 2. (гл. 5-8, стр. 82-144)	8	14
Подготовка к дифф. зачету	Осн. лит. 1. (гл 1,2 стр. 11-238), 2. (гл. 2,3 стр. 73-167). Доп. лит. 1 (гл. L-LIV стр. 17-67), Эл. лит. 1 (гл. I стр. 11-59), 2. (гл. 5-8, стр. 82-144)	8	19,75
Выполнение домашних заданий	Осн. лит. 2. (гл. 2,3 стр. 73-167).	8	12

6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

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	8	Текущий контроль	Контрольная работа	1	20	Контрольная работа проводится на практическом занятии. Продолжительность – 2 академических часа. Она содержит 5 задач. Студент должен самостоятельно решить задачи, оформить их решение на отдельном листочке. Каждая задача оценивается от 0 до 4 баллов следующим образом: 4 балла – задача решена правильно, 3 балла содержится не более двух негрубых ошибок, не повлиявших на общий	дифференцированный зачет

						ход решения задачи, верно выбран метод решения задачи, запись решения последовательная и математически грамотная, решение доведено до ответа; 2 балла – в решении содержатся 2–3 ошибки, не повлиявшие существенно на ход решения, или решение не доведено до ответа, но при этом изложено не менее 60% полного решения. 1 балл – в процессе решения задачи допущены существенные ошибки, показавшие, что студент не владеет обязательными знаниями и умениями по данной теме, или изложено менее 40% полного решения; 0 баллов – неверно выбран метод решения или изложено менее 20% полного решения.	
2	8	Текущий контроль	Индивидуальное задание	1	5	Мероприятие состоит в докладе о решении задачи оптимального управления для уравнения в частных производных. Доклады заслушиваются на последней лекции в семестре. В случае если студент не сделал доклад или не удовлетворён оценкой, доклад заслушивается повторно в день зачета. Доклад рассчитан на 10 минут в виде презентации. Индивидуальные	дифференцированный зачет

						задания выдаются после лекции о методе решения задач управления. Подготовлен доклад - 1 балл. Материал презентации грамотно, логически составлен - 1 балл. Тема раскрыта полностью - 1 балл. Студен продемонстрировал грамотное владение навыками устного изложения материала - 1 балл Студент грамотно ответил на вопросы аудитории - 1 балл	
3	8	Проме-жуточная аттестация	Дифференцированный задач	-	40	Зачетное мероприятие проводится в письменной форме с последующим собеседованием. Студенту выдается билет, содержащий 8 вопросов из списка вопросов к зачету. На письменный ответ дается 2 ак. часа. Максимальная оценка за каждый вопрос 5 баллов. 5 баллов - дан полный развернутый ответ на вопрос, ошибок нет; 4 балла - приведены все теоремы, определения, описаны математические методы, допущены 1-2 негрубые ошибки; 3 балла - описаны методы, теоремы, определения ответ содержит грубые ошибки, но при собеседовании демонстрирует понимание материала, с подсказки преподавателя способен исправлен ошибки;	дифференцированный зачет

						2 балла - даны только общие определения, методы теории описываются только при собеседовании с подсказки преподавателя; 1 балл - студент описывает только общие представления о методах; 0 баллов - совершены грубые ошибки, в ответе отсутствуют основные определения.	

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
дифференцированный зачет	Зачетное мероприятие проводится в письменной форме с последующим собеседованием. Студенту выдается билет, содержащий 8 вопросов из списка вопросов к зачету. На письменный ответ дается 2 ак. часа. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации не является обязательным. Возможно выставление оценки по результатам текущего контроля. Оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине проводится на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ		
		1	2	3
ПК-4	Знает: основные методы теории оптимального управления	+	+	+
ПК-4	Умеет: умеет анализировать результаты оптимизации реальных систем для выявления экстремальных свойств и закономерностей	+	+	+
ПК-4	Имеет практический опыт: разработки моделей реальных систем различных классов		+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Алексеев, В. М. Оптимальное управление Учеб. пособие для мат. спец. вузов. - М.: Наука, 1979. - 429 с. ил.

2. Алексеев, В. М. Сборник задач по оптимизации: Теория. Примеры. Задачи Для мат. спец. вузов В. М. Алексеев, Э. М. Галеев, В. М. Тихомиров. - М.: Наука, 1984. - 288 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Вся высшая математика Текст Т. 6 Вариационное исчисление. Линейное программирование. Вычислительная математика. Теория сплайнов учебник для втузов : в 6 т. М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко и др. - Изд. 2-е. - М.: URSS : Едиториал УРСС, 2010. - 254 с. ил.

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

1. «Вестник Южно-Уральского университета» серия «Математика. Механика. Физика»
2. «Вестника Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование»

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Организация и методическое сопровождение самостоятельной работы студентов: методические указания / сост.: А.А. Айдерханова, Н.Л. Клиначева, Е.С. Шестаковская. – Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 35 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Организация и методическое сопровождение самостоятельной работы студентов: методические указания / сост.: А.А. Айдерханова, Н.Л. Клиначева, Е.С. Шестаковская. – Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 35 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Демидович, Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 480 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/123 — Загл. с экрана.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Охорзин, В.А. Теория управления. [Электронный ресурс] / В.А. Охорзин, К.В. Сафонов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 224 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/49470 — Загл. с экрана.

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	708а (1)	Компьютер, проектор для демонстрации лекций