

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина»

Институт естественных наук и математики
Кафедра прикладной математики и механики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке

_____ В.В. Кружаев

«__» _____ 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
КАЧЕСТВЕННАЯ ТЕОРИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рекомендована учебно-методическим советом института естественных наук и математики
для направлений подготовки и направленностей:

Направление	Направленность	Квалификация
Математика и механика	Теоретическая механика	Исследователь. Преподаватель-исследователь

СОГЛАСОВАНО
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ВЫСШЕЙ
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург, 2017

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Код направления	Название направления	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
01.06.01	Математика и механика	30.07.2014 в ред. от 30.04.2015	866

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Долгий Ю.Ф.	Д-р физ.-мат. наук, профессор	профессор	Прикладной математики и механики	

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедр:

№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	Читающая кафедра – Прикладной математики и механики	15.09.2017	№6	А.Н. Сесекин	
2	Выпускающая кафедра – Прикладной математики и механики	15.09.2017	№6	А.Н. Сесекин	

Согласовано:

учебно-методическим советом Института естественных наук и математики

Протокол № 1 от «26» сентября 2017 года.

Председатель УМС ИЕНиМ

Е.С.Буянова.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ **Качественная теория механических систем**

1. Пререквизиты	История науки Методология научных исследований
2. Кореквизиты	-
3. Постреквизиты	-Теоретическая механика
4. Трудоемкость дисциплины-модуля, з.е.	3

1.1. Цели дисциплины

Целями освоения дисциплины являются

- формирование итоговых представлений о роли качественной теории механических систем в теоретической механике;
- формирование итоговых представлений о роли качественной теории механических систем в математическом моделировании проблем реального мира.

Изучение дисциплины направлено на формирование студентами компетенций:

- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);
- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК- 1);
- пониманием роли и места качественной теории механических систем в механике, их связи с другими разделами механики (ПК-1);
- способностью применять и строить самостоятельно эффективные алгоритмы для качественного исследования движений механических задач (ПК-2);
- способностью строить компьютерные модели механических систем, используя аппарат алгебры, математического анализа и дифференциальных уравнений (ПК-4);
- способностью применять качественные методы теории дифференциальных уравнений при анализе поведения движений механических систем (ПК-5);
- способностью ставить компьютерный эксперимент с целью выдвижения, подтверждения или опровержения научных гипотез (ПК-6).

1.2. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- методику применения теории графов для описания структуры сложной механической системы и компьютерного построения их математических моделей;
- классические разделы теории динамических систем;
- основные разделы современной теории обобщенных решений уравнений Гамильтона-Якоби и ее связь с теорией управления механических систем;
- качественные методы исследования наследственных динамических систем.

Уметь:

- строить компьютерные математические модели механических систем с использованием теоретической механики, дифференциальных уравнений и вариационного исчисления;
- применять методы качественного исследования динамических систем при анализе движений механических систем;
- разрабатывать алгоритмы численного исследования динамики механических систем;
- строить управления для нелинейных механических систем.

Владеть:

- методами математического моделирования сложных механических систем;
- методами численного интегрирования дифференциальных уравнений механических систем;
- методами качественного исследования движений механических систем;
- методами управления нелинейными механическими системами.

1.3. Краткое описание дисциплины

Дисциплина носит подытоживающий характер. В процессе ее изучения суммируются накопленные ранее знания, умения и навыки, связанные с местом и ролью качественной теории механических систем в современной механике и математике, а также в других областях знания.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах:

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме, составляет 100% объема аудиторной нагрузки по дисциплине.

1.4. Трудоемкость освоения дисциплины

Очная форма обучения

Виды учебной работы, формы контроля	Всего, час.	Номер учебного семестра
		5
Аудиторные занятия, час.	4	4
Лекции, час.	4	4
Практические занятия, час.		
Лабораторные работы, час.		
Самостоятельная работа студентов, час.	104	104
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	3	3
Общая трудоемкость по учебному плану, час.	108	108
Общая трудоемкость по учебному плану, з.е.	3	3

1 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела	Раздел дисциплины	Содержание*
P1	Теория динамических систем	Лагранжева механика на многообразиях. Группы симметрий голономной механики. Динамические системы с инвариантными мерами. Эргодическая теория динамических систем.
P2	Управление динамическими системами	Негладкий анализ. Обобщенные решения уравнения Гамильтона-Якоби. Принцип максимума Понтрягина. Метод динамического программирования.
P3	Качественная теория наследственных динамических систем	Теория устойчивости наследственных динамических систем. Теория нелинейных колебаний наследственных динамических систем.
P4	Компьютерные и численные методы механики	Компьютерные методы построения математических моделей механики. Компьютерная симуляция движений сложных механических систем. Обзор численных методов механики.

2 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПО РАЗДЕЛАМ И КОНТРОЛЬНЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ (по очной форме обучения)

Семестр обучения: 5

Объем дисциплины (зач.ед.):

3

Раздел дисциплины		Аудиторная нагрузка (час.)	Виды, количество и объемы мероприятий																								
			Код раздела, темы	Всего по разделу, теме (час.)	Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего	Лекции	Практ., семинар. занятия	Лабораторные работы	Н/и семинары, семинар-конференции, коллоквиумы	Всего (час.)	Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)						Подготовка к контрольным и аттестационным мероприятиям (колич.)						
работа* Домашняя	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*													Инд. или групповой проект*	Перевод инояз. литературы*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Курсовая работа / Междисц. курсовая работа*	Курсовой проект / Междисц. курсовой проект*	Всего (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет* (при наличии экзамена)	Зачет* (дифференцированный или при отсутствии экзамена)	Экзамен*	
P1	Теория динамических систем.	26	1	1			8						17		1	1											
P2	Управление динамическими системами	26	1	1			8						17		1	1								1			
P3	Качественная теория наследственных динамических систем	26	1	1			8						17		1	1											
P4	Компьютерные и численные методы механики	26	1	1			8						17	6	1	1											
Всего по дисциплине (час.):		108	104																					4			

3 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторный

не предусмотрено

4.2. Практические

не предусмотрено

4.3. Самостоятельная работа студентов

4.3.1. Примерный перечень тем рефератов

1. Лагранжевы уравнения на многообразиях и их применение.
2. Группы симметрий голономной механики.
3. Динамические системы с инвариантными мерами.
4. Эргодическая теория динамических систем.
5. Слабая инвариантность множеств относительно дифференциальных включений. Критерии слабой инвариантности.
6. Верхние и нижние решения; определение минимаксного решения на базе этих понятий. Доказательства эквивалентностей различных определений верхних (нижних) решений.
7. Приложения теории минимаксных и вязкостных решений к задачам управления. Обзор аналитических, конструктивных и численных методов.
8. Теория устойчивости положений равновесия автономных наследственных динамических систем.
9. Теория устойчивости периодических движений наследственных динамических систем.
10. Теория периодических колебаний наследственных динамических систем.
11. Теория периодических колебаний наследственных динамических систем.
12. Теория почти периодических колебаний наследственных динамических систем.
13. Компьютерные методы построения математических моделей механики.
14. Обзор численных методов механики.

4.3.2. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено

4.3.3. Примерный перечень тем контрольных работ

Не предусмотрено

4.3.4. Примерный перечень тем расчетных работ

Не предусмотрено

4.3.5. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено

4.3.6. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено

4.3.7. Примерная тематика курсовых проектов работ

Не предусмотрено

4.4. Примерный перечень контрольных вопросов для подготовки к промежуточной аттестации по дисциплине

1. Динамические системы с инвариантной мерой.
2. Теорема Крылова-Боголюбова.
3. Теоремы возвращения Пуанкаре.
4. Эргодические динамические системы.
5. Теоремы Биркгофа.
6. Уравнения Лагранжа на дифференцируемых многообразиях.
7. Симплектическая структура на многообразии.
8. Гамильтоновы фазовые потоки и их интегральные инварианты.
9. Классические решения уравнения Гамильтона-Якоби. Метод характеристик Коши для краевой задачи.
10. Полунепрерывные функции и их свойства.
11. Выпуклые функции и их свойства.
12. Многозначные отображения и их свойства.
13. Контингентные конусы (конусы Булигана).
14. Полупроизводные Дини по направлениям от негладких функций.
15. Субдифференциалы и супердифференциалы и их взаимосвязи с производными по направлениям.
16. Теорема Ф. Кларка - Ю.С. Ледяева об оценке конечных разностей.
17. Теорема А.И. Субботина о плотности субдифференциалов.
18. Теорема существования решений дифференциальных включений.
19. Свойства пучков решений дифференциальных включений.
20. Определение канонического комплекса и канонического семейства характеристических дифференциальных включений. Определение минимаксного решения задачи Коши
21. Теорема существования минимаксного и/или вязкостного решения. Метод исчезающей вязкости.
22. Принцип сравнения для верхних и нижних решений уравнения Гамильтона-Якоби.
23. Теорема о единственности обобщенного (минимаксного и/или вязкостного) решения краевой задачи Коши для уравнения Гамильтона-Якоби.
24. Динамическая модель деформации вязкоупругого стержня.
25. Влияние запаздывания на движение заряженной частицы в кулоновском поле.
26. Параметрический резонанс в периодической модели фрезерования.
27. Использование графов при математическом моделировании движений в механической системе.
28. Построение дискретных уравнений механики деформируемого твердого тела.
29. Построение дискретных уравнений теплопроводности.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Долгий Ю.Ф., Сурков П.Г. Математические модели динамических систем с запаздыванием. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2012.
2. Субботина Н.Н., Колпакова Е.А., Токманцев Т.Б., Шагалова Л.Г. Метод характеристик для уравнения Гамильтона-Якоби-Ньютона. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Каток А.Б., Хасселблат Б. Введение в теорию динамических систем с обзором последних достижений. М.:МЦНМО, 2005.
2. Морозов Е.М., Никишков, Г. П. Метод конечных элементов в механике разрушения. М.: Изд-во ЛКИ, 2008.
3. Арнольд В.И., Авец А. Эргодические проблемы классической механики. Ижевск: Ижевская республиканская типография, 1999.
4. Субботин А.И. Обобщенные решения уравнений в частных производных первого порядка. Перспективы динамической оптимизации. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
5. Мозер Ю. Интегрируемые гамильтоновы системы и спектральная теория. . Москва-Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая механика”, 1999.
6. Арнольд В.И. Математические методы классической механики. М., 1989.
7. Биркгоф Д. Динамические системы. . Ижевск: Издательский дом “Удмуртский университет”, 1999.
8. Борисов А.В., Мамаев И.С. Динамика твердого тела. Москва-Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая механика”, 2001.
9. Бреббия К., Телес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов. М. : Мир, 1987.
10. Варга Дж. Оптимальное управление дифференциальными и функциональными уравнениями, М: Наука, 1977.
11. Виттенбург Й. Динамика систем твердых тел М., 1980.
12. Колмановский В.Б., Носов В.Р. Устойчивость и периодические режимы регулируемых систем с последействием. М., 1981.
13. Козлов В.В. Методы качественного анализа в динамике твердого тела. Москва-Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая механика”, 2000.
14. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. М., 1977.
15. Филиппов Ф. Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью. М: Наука, 1985.
16. Хейл Дж. Теория функционально-дифференциальных уравнений. М., 1984.
17. Черноусько Ф.Л., Ананьевский И.М., Решлин С.А. Методы управления нелинейными механическими системами. М.: Физматлит, 2005.
18. Clarke F.H., Ledyaev Yu.S., Stern R.J., Wolenski P. Nonsmooth Analysis and Control Theory. New York: Springer, 1997.

а. Программное обеспечение

1. MicrosoftWindows7
2. MicrosoftOffice 2010
3. Microsoft VISIO

в. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Платформа Springer Link
2. Платформа Nature
3. База данных Springer Materials
4. База данных Springer Protocols
5. База данных zbMath
6. База данных Nano
7. База данных Кембриджского центра структурных данных CSD
Enterprise

с. Электронные образовательные ресурсы

Все аспиранты имеют полный доступ к перечисленным ресурсам, в т.ч. через авторизованный доступ из сети интернет:

1. Международный индекс научного цитирования Scopus компании Elsevier B.V.
2. Международный индекс научного цитирования Web of Science компании Clarivate Analytics
3. Журналы издательства Wiley
4. Электронная библиотека IEEEEXPLORE Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
5. Журналы American Physical Society (Американского физического общества)
6. Журналы Royal Society of Chemistry (Королевского химического общества)
7. MathSciNET - реферативная база данных American Mathematical Society (Американского математического общества)
8. Патентная база компании QUESTEL
9. Журнал Science Online
10. Журнал Nature
11. Журналы издательства Oxford University Press
12. Журналы издательства SAGE Publication
13. Журналы Американского института физики
14. Журналы Института физики (Великобритания)
15. Журналы Оптического общества Америки
16. Материалы международного общества оптики и фотоники (OSA)
17. Журналы издательства Cambridge University Press
18. Научные журналы по химии Thieme Chemistry Package компании Georg Thieme Verlag KG
19. База данных Annual Reviews Science Collection
20. База данных CASC- Коллекция компьютерных и прикладных наук компании EBSCO Publishing
21. База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing
22. База данных Association for Computing Machinery (ACM)
23. База диссертаций ProQuest Dissertations & Theses Global Журнальные базы данных мировой научной информации Freedom Collection компании Elsevier
24. Информационно-аналитическая система управления научными исследованиями Pure компании Elsevier B. V.
25. Наукометрическая база данных Scival компании Elsevier B. V.
26. Аналитическая и информационная база данных REAXYS компании Elsevier,
27. Научные базы данных компании EBSCO Publishing: Business Source Complete и Academic Search Complete, Информационно-поисковая система EBSCO Discovery Service, IEEE All- Society Periodicals Package,
28. Базы данных компании East View,
29. Электронная библиотека диссертаций РГБ;

