

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Факультет физико-математических и естественных наук
Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы теории оптимального управления

Рекомендуется для направления подготовки
01.06.01 «Математика и механика»

1. Цели и задачи дисциплины

Основной целью дисциплины «Методы теории оптимального управления» является обучение учащихся различным современным методам решения задач оптимального управления и освоение математического аппарата, используемого для исследования данных проблем.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Методы теории оптимального управления» относится к дисциплинам по выбору блока 1 учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
	<p>ПК-1 владение знаниями в основных разделах теории дифференциальных уравнений с частными производными, включающими теорию пространств Соболева, преобразование Фурье, разрешимость и гладкость решений краевых задач для эллиптических уравнений, разрешимость начальных и смешанных задач для параболических и гиперболических уравнений, метод разделения переменных, проекционные методы, метод полугрупп, а также первоначальные представления о методах исследования нелинейных уравнений</p> <p>ПК-3 умение сформулировать задачу исследования и пути ее осуществления, обобщить полученные результаты и сделать соответствующие выводы, должен понимать практические аспекты получаемых теоретических результатов</p>	<p>Краевые задачи для дифференциальных уравнений;</p> <p>Теория экстремальных задач.</p>	-
Универсальные компетенции			
	<p>УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследователь-</p>	<p>Краевые задачи для дифференциальных уравнений;</p> <p>Теория экстремальных задач.</p>	-

ских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях УК-2 способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки УК-3 готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач УК-5 способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		
---	--	--

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: УК-1, УК-2, УК-3, УК-5, ПК-1, ПК-3

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- принцип Лагранжа;
- необходимые и достаточные условия экстремума в различных задачах оптимального управления;
- метод динамического программирования;
- управляемость, стабилизируемость дифференциальных систем.

Уметь:

- ставить задачи оптимизации;
- выбирать и обосновывать методы их исследования.

Владеть:

современным математическим аппаратом, требующимся для решения задач оптимизации.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость курса «Методы теории оптимального управления» составляет 4 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		1	2	3	
Аудиторные занятия (всего)		1	2	3	
В том числе:	-	-	-	-	-
<i>Лекции</i>	20			20	

Практические занятия (ПЗ)	40			40	
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
Самостоятельная работа (всего)	84			84	
Общая трудоемкость	144			144	
час	4			4	
зач. ед.					

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Постановка задачи линейного оптимального быстродействия	Математические модели реальных процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями. Общая задача оптимального управления. Задача линейного оптимального быстродействия. Примеры математических моделей физических процессов.
2.	Исследование задачи линейного оптимального быстродействия	Множество достижимости и его свойства. Экстремальное управление. Существование оптимального управления в задаче линейного быстродействия. Необходимые условия оптимальности (принцип максимума Понтрягина) в задаче линейного быстродействия.
3.	Математический аппарат оптимального управления	Метрика Хаусдорфа, непрерывность по Хаусдорфу. Теорема о слабой компактности измеримых вектор-функций. Экстремальное управление, необходимые и достаточные условия экстремальности. Сопряженные системы, сопряженные переменные, формула Коши решения линейного дифференциального уравнения. Существование биортогональной системы векторов в векторном пространстве для линейно независимой системы функционалов. Критерий Грамма линейной независимости векторов. Теорема о неявной функции. Лема об аннуляторе. Функция Ляпунова. Теоремы об устойчивости решения системы дифференциальных уравнений. Понятие инвариантного подпространства дифференциальной системы. Опорные функции ограниченных множеств и их свойства.
4.	Метод динамического программирования	Функция Беллмана, уравнение Беллмана. Связь функции Беллмана с функцией Ляпунова. Применение метода динамического программирования к решению линейной задачи оптимального управления с квадратичным критерием.
5.	Стабилизация управляемых систем	Стабилизация линейных систем. Стабилизируемость линейных систем одномерным управлением. Задача Лурье – задача абсолютной устойчивости.
6.	Управляемость дифференциальных систем	Понятие управляемости дифференциальных систем. Управляемость в задачах без ограничений. Необходимые и достаточные условия полной управляемости линейных дифференциальных автономных систем. Теорема Калмана и ее следствие. Критерий полной управляемости линейных нестационарных систем без ограничений на управление. Управляемость линейных систем при наличии ограничений на управление. Необходимые и достаточные условия

		локальной управляемости линейных систем. Управляемость нелинейных систем. Достаточные условия.
7.	Опорные функции и их использование для решения задач оптимального управления	Опорные функции и их свойства. Задача локальной управляемости линейной автономной системы и условия ее локальной управляемости, найденные с применением опорных функций. Линейная задача оптимального быстродействия. Необходимые условия оптимальности при условии, что множество начальных положений – выпуклый компакт. Достаточные условия оптимальности.
8.	Линейная задача терминального управления	Постановка задачи. Теорема существования. Необходимые условия оптимальности. Достаточные условия оптимальности

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Лекц.	Практические занятия и лабораторные работы			СРС	Всего
			ПЗ/С	ЛР	из них в ИФ		
1.	Постановка задачи линейного оптимального быстродействия	2	4		4	10	16
2.	Исследование задачи линейного оптимального быстродействия	3	6		6	11	20
3.	Математический аппарат оптимального управления	2	4		4	10	16
4.	Метод динамического программирования	3	6		6	11	20
5.	Стабилизация управляемых систем	3	6		6	11	20
6.	Управляемость дифференциальных систем	3	6		6	11	20
7.	Опорные функции и их использование для решения задач оптимального управления	2	4		4	10	16
8.	Линейная задача терминального управления	2	4		4	10	16
	Итого:	20	40		40	84	144

6. Лабораторный практикум – не предусмотрен

7. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1.	1	Постановка задачи линейного оптимального быстродействия	4
2.	2	Исследование задачи линейного оптимального быстродействия	6
3.	3	Математический аппарат оптимального управления	4
4.	4	Метод динамического программирования	6

5.	5	Стабилизация управляемых систем	6
6.	6	Управляемость дифференциальных систем	6
7.	7	Опорные функции и их использование для решения задач оптимального управления	4
8.	8	Линейная задача терминального управления	4

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитории 558,559 в учебном корпусе РУДН, ул. Орджоникидзе, д. 3, групповые аудитории в учебном корпусе РУДН, ул. Орджоникидзе, д. 3 на 3, 4 и 5 этажах, дисплей-классы, лаборатории (ауд. 470).

9. Информационное обеспечение дисциплины:

Используются только лицензированное, установленное в РУДН программное обеспечение:

- пакет программ Microsoft Office;
- средства мультимедийной техники и персональные компьютеры;
- полнотекстовые базы данных и ресурсы, доступ к которым обеспечен из сети РУДН;
- электронная библиотека РФФИ <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Иоффе А.Д., Тихомиров В.М. Теория экстремальных задач. М.: Наука, 1974.
2. Гирсанов И.В. Лекции по математической теории экстремальных задач. Ижевск: РХД, 2004.
3. Арутюнов А.В. Условия экстремума. Анормальные и вырожденные задачи. М.: Факториал, 1997.
4. Алексеев В.М., Тихомиров В.М. Оптимальное управление: Учебник для вузов. 2-е изд. М.: Физматлит, 2005.
5. Арутюнов А.В., Тихомиров В.М., Магарил-Ильяев Г.Г. Принцип максимума Понтрягина: Доказательства и приложения. М.: Факториал Пресс, 2006.
6. Благодатских В.И. Введение в оптимальное управление. М.: Высшая школа, 2001.
7. Ли Э.Б., Маркус Л. Основы теории оптимального управления. М.: Наука, 1972.

б) дополнительная литература:

1. Алексеев В.М., Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Сборник задач по оптимизации. М.: Физматлит, 2016.

базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ВАК РФ <http://vak.ed.gov.ru>
2. Электронная библиотека РГБ <http://www.rsl.ru/>
3. Сайт библиотеки РУДН <http://lib.rudn.ru/>
4. Science Direct <http://www.sciencedirect.com> Описание: Ресурс содержит коллекцию научной, технической полнотекстовой и библиографической информации. База данных мультидисциплинарного характера включает научные журналы по точным и техническим наукам.
5. EBSCO <http://search.ebscohost.com>, Academic Search Premier (база данных комплексной тематики, содержит информацию по гуманитарным и естественным областям знания).
6. Oxford University Press <http://www3.oup.co.uk/jnls>. Журналы по точным и техническим наукам Oxford University Press представлены в коллекции HSS
7. Sage Publications <http://online.sagepub.com>. База публикаций Sage включает в себя журналы по разным отраслям знаний: Sage_STM – более 100 журналов в области естественных наук, техники.
8. Springer/Kluwer <http://www.springerlink.com>. Журналы и книги издательства

9. Springer/Kluwer охватывают различные области знания и разбиты на предметные категории.
10. Taylor & Francis <http://www.informaworld.com>. Коллекция журналов насчитывает более 1000 именованных по всем областям знаний.
11. American Mathematical Society <http://www.ams.org/> Ресурс американского математического общества.
12. European Mathematical Society <http://www.euro-math-soc.eu/> Ресурс европейского математического общества.
13. Portal to Mathematics Publications <http://www.emis.de/projects/EULER/>
14. Каталог математических интернет ресурсов <http://www.mathtree.ru/>
15. Zentralblatt MATH (zbMATH) <https://zbmath.org>
16. Общероссийский математический портал mathnet.ru
17. Web of Science <http://www.isiknowledge.com>
18. Ресурсы Института научной информации по общественным наукам Российской академии наук (ИНИОН РАН) <http://elibrary.ru>.
19. Университетская информационная система РОССИЯ. <http://www.cir.ru/index.jsp>.
20. Гости система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу <http://www.ifap.ru/library/gost/sibid.htm>.
21. Электронная библиотека РУДН <http://www.rsl.ru/>

г) периодические издания

Алгебра и анализ, Дискретная математика, Журнал вычислительной математики и математической физики, Известия Российской академии наук. Серия математическая, Математические заметки Математический сборник, Математическое моделирование, Теоретическая и математическая физика, Теория вероятностей и ее применения, Успехи математических наук, Функциональный анализ и его приложения, Труды Математического института им. В. А. Стеклова, Современные проблемы математики, Вычислительные методы и программирование, Труды семинара имени И. Г. Петровского, Учёные записки Московского государственного университета Фундаментальная и прикладная математика, Review of Modern Physics, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Annual Review of Biochemistry, Chemical Reviews Nature Physics, Annual Review of Condensed Matter Physics, Annals of Mathematics, Journal of the American Mathematical Society, Acta Mathematica, Communications on Pure and Applied Mathematics Swarm and Evolutionary Computation Geometric and Functional Analysis Formal Aspects of Computing, Discrete Mathematics, Theory of Computing Systems Reports on Progress in Physics New Journal of Physics.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Формат семинара – презентация ключевых идей хрестоматийных источников-текстов по курсу. Конкретно презентация выглядит так: обучаемый выбирает одну из ключевых идей обсуждаемого на семинаре текста, готовит в виде тезисов (на 1–1,5 стр.) свое ее понимание и критическую оценку, затем на семинаре все это представляется и защищается. Тезисы заранее размножаются и раздаются всем участникам семинара.

Предполагается написание реферата – по теме, согласованной с преподавателем. Объем реферата – не более 15 тысяч знаков с пробелами. Как реферат принимается также перевод статьи зарубежного автора вместе с развернутой критико-аналитической ее оценкой. Согласование и автора, и текста с преподавателем обязательно.

В конце семестра – экзамен в форме эссе по одной из предложенных (на выбор) преподавателем тем. После собеседования выставляется итоговая оценка. Результаты определяются путем проведения промежуточной аттестации с выставлением оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и в системе ECTS (А, В, С, Е). Основанием для их выставления является принятая в РУДН балльно-рейтинговая система.

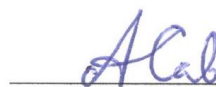
12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Методы теории оптимального управления» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

Профессор Математического института
им. С.М. Никольского



Савин А.Ю.

Руководитель программы:

Директор Математического института
им. С.М. Никольского



Скубачевский А.Л.

Заведующий кафедрой:

Директор Математического института
им. С.М. Никольского



Скубачевский А.Л.