

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ, АСТРОМЕТРИИ И ГРАВИМЕТРИИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
МГУ
_____/ Н.Н. Сысоев /
«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Уровень высшего образования:
Специалитет

Направление подготовки:
03.05.01 Астрономия

Направленность (профиль) ОПОП:
Общая специальность

Квалификация «Специалист»

Форма обучения: Очная форма обучения

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Ученым советом физического факультета МГУ

(протокол №_____, _____)

Москва 20____

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.01 Астрономия.

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы–составители:

1. к.ф.-м.н., Зотов Леонид Валентинович, кафедра небесной механики, астрометрии и гравиметрии физического факультета МГУ
2. д.ф.-м.н., профессор Пантелеев Валерий Леонтьевич, кафедра небесной механики, астрометрии и гравиметрии физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н. Жаров Владимир Евгеньевич

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Управление динамическими объектами»

Цель преподавания дисциплины «Управление динамическими объектами» – изучение современных методов решения задач оценивания параметров, динамического моделирования физико-механических процессов и сложных систем, а также фильтрации, в том числе с использованием ЭВМ.

Предмет тесно связан с небесной механикой, теорией управления, астродинамикой.

Оценивание параметров, идентификация систем и синтез управления – крайне востребованная область, использующаяся в физике, астрономии, космических разработках, навигации, при проектировании автоматических систем и др. В основу математического аппарата этого предмета заложены представления о случайном поведении животных и машин, принципы кибернетики, разработанные Винером, Колмогоровым, Беллманом, Понтрягиным и др.

Задача курса в выработке у слушателей представлений о методах оценивания параметров динамических систем, их проектирования и управления на основе примеров из физики, астродинамики, небесной механики.

Разделы рабочей программы

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Форма обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Управление динамическими объектами Механика» реализуется на 6-ом курсе в 1-ом семестре и является составной частью профессионального блока вариативной части.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Отсутствуют.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.Б	3-1 Знать: фундаментальные законы управления и методы оценивания параметров 3-2 Знать: модели динамики У-1 Уметь: строить теоретические модели, используя критический анализ данных У-2 Уметь: планировать и проводить экспериментальные исследования в области управления, пользоваться средой Matlab В-1 Владеть: математическим аппаратом для оценивания характеристик случайных процессов В-2 Владеть: методами работы с математическими моделями динамических систем
ОПК-1.Б	3-1 Знать: основные математические методы, используемые при решении задач управления, принцип максимума Понтрягина, понятия наблюдаемости и управляемости У-1 Уметь: решать типовые задачи управления У-2 Уметь: строить математические модели явлений и процессов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои модели В-1 Владеть: навыками построения оптимальных фильтров

3. **Форма обучения:** очная.

4. **Язык обучения:** русский.

5. **Содержание дисциплины**

Тема 1. Динамические системы как объект управления и наблюдения

1. Типы динамических систем
2. Структурные схемы

Тема 2. Линейные дифференциальные уравнения.

1. Одноканальная динамическая система
2. Характеристики одноканальных систем

Тема 3. Многоканальные динамические системы

1. Передаточная функция многоканальной системы
2. Дискретные системы
3. Стационарные системы

Тема 4. Устойчивость стационарных дискретных систем

1. Установившееся решение
2. Фурье-преобразование
3. Корреляционная функция
4. Спектральная плотность мощности
5. Z-преобразование

Тема 5. Управление динамическими системами

1. Импульсное управление
2. Управление дискретной системой
3. Критерии управляемости

Тема 6. Управляемость линейных стационарных систем

1. Непрерывные стационарные системы
2. Управляемость стационарных систем
- 3.

Тема 7. Оптимальное управление

1. Классификация задач оптимального управления
2. Принцип максимума

Тема 8. Наблюдения и наблюдаемость

1. Наблюдаемость динамических систем.
2. Наблюдаемость линейной системы

Тема 9. Дискретные системы

1. Дискретные системы
2. Принцип двойственности
3. Оценивание параметров при наличии шумов

Тема 10. Метод наименьших квадратов

1. Регрессии
2. Шумы
3. МНК- оценивание параметров
4. Теорема Гаусса-Маркова

Тема 11. Рекурсивный алгоритм МНК

1. Рекурсивный МНК
2. Вероятностная интерпретация

Тема 12. Фильтр Калмана

1. Общие сведения по теории фильтрации
2. Дискретный фильтр Калмана

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудовоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				
		Общая трудоёмкость	в том числе			Самостоятельная работа студентов
			ауд. занятий			
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	
Управление динамическим объектами	2	72	34	34	0	38

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Изучение курса «Управление динамическими объектами» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и занятиям и контрольным работам. По вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ темы	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоёмкость, часы					Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Всего часов	Лекции	Научно-практические занятия	Семинары	Самостоятельная работа	
1	Динамические системы как объект управления и наблюдения	5	2	-	-	3	Решение задач, контрольные работы
2	Линейные дифференциальные уравнения	5	2	-	-	3	

3	Многоканальные динамические системы	6	3	-	-	3	
4	Устойчивость стационарных дискретных систем	6	3	-	-	3	
5	Управление динамическими системами	6	3	-	-	3	
6	Управляемость линейных стационарных систем	6	3	-	-	3	
7	Оптимальное управление	6	3	-	-	3	
8	Наблюдения и наблюдаемость	6	3	-	-	3	
9	Дискретные системы	6	3	-	-	3	
10	Метод наименьших квадратов	6	3	-	-	3	
11	Рекурсивный алгоритм МНК	6	3	-	-	3	
12	Фильтр Калмана	6	3	-	-	3	
	Промежуточная аттестация	2	-	-	-	2	
ИТОГО:		72	34	-	0	38	Экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Преподаватель оценивает работу студентов на занятиях: активность студентов в работе на лекциях, в дискуссиях, правильность решения задач на практических занятиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в первом семестре в форме письменной работы, экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием по программе.

Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		

Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний аспиранта по изученной теме.	Образцы тестов
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная контрольная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о пройденном материале.	Примеры заданий
Домашняя работа	Средство, позволяющее получить оценку знаний, умений и навыков по пройденному материалу	Примеры заданий

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	НЕЗАЧЕТ	ЗАЧЕТ		
ЗНАТЬ: фундаментальные законы управления и методы оценивания параметров УК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний фундаментальных законов управления и методов оценивания параметров	В целом успешные, но не систематические знания фундаментальных законов управления и методов оценивания параметров	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания фундаментальных законов управления и методов оценивания параметров	Успешные и систематические знания фундаментальных законов управления и методов оценивания параметров
ЗНАТЬ: модели динамики УК-1.Б 3-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знание моделей динамики	В целом успешное, но не систематическое знание моделей динамики	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знание моделей динамики	Успешное и систематическое знание основных понятий моделей динамики
ЗНАТЬ: основные	Отсутствие/фрагментарное	В целом успешное, но	В целом успешно	Успешное и систематическое

математические методы, используемые при решении задач управления, принципа максимума Понтрягина, понятий наблюдаемости и управляемости и ОПК-1.Б 3-1	владение основными математическими методами, используемыми при решении задач управления, принципа максимума Понтрягина, понятий наблюдаемости и управляемости	не систематическое владение основными математическими методами, используемым и при решении задач управления, принципа максимума Понтрягина, понятий наблюдаемости и управляемости	е, но содержащее отдельные пробелы владение основными математическими методами, используемым и при решении задач управления, принципа максимума Понтрягина, понятий наблюдаемости и управляемости	владение основными математическими методами, используемыми при решении задач управления, принципа максимума Понтрягина, понятий наблюдаемости и управляемости
УМЕТЬ: строить теоретические модели механики, используя критический анализ данных УК-1.Б У-1	Отсутствие умения строить теоретические модели, используя критический анализ данных	В целом успешное, но не систематическое умение строить теоретические модели, используя критический анализ данных	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение строить теоретические модели, используя критический анализ данных	Успешное и систематическое умение строить теоретические модели, используя критический анализ данных
УМЕТЬ: планировать и проводить экспериментальные исследования в области управления, пользоваться средой Matlab УК-1.Б У-2	Отсутствие умения планировать и проводить экспериментальные исследования в области управления, пользоваться средой Matlab	В целом успешное, но не систематическое умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области управления, пользоваться средой Matlab	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области управления, пользоваться средой Matlab	Успешное и систематическое планировать и проводить экспериментальные исследования в области управления, пользоваться средой Matlab
УМЕТЬ: решать типовые задачи управления	Отсутствие умения решать типовые задачи управления	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешно, но содержащее отдельные	Успешное и систематическое умение решать типовые задачи управления

ОПК-1.Б У-1		решать типовые задачи управления	пробелы умение решать типовые задачи управления	
УМЕТЬ: строить математические модели явлений и процессов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои модели ОПК-1.Б У-2	Отсутствие умения строить математические модели явлений и процессов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои модели	В целом успешное, но не систематическое умение строить математические модели явлений и процессов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои модели	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение строить математические модели явлений и процессов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои модели	Успешное и систематическое умение строить математические модели явлений и процессов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои модели
ВЛАДЕТЬ: математическим аппаратом для оценивания характеристик случайных процессов УК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение математическим аппаратом для оценивания характеристик случайных процессов	В целом успешное, но не систематическое владение математическим аппаратом для оценивания характеристик случайных процессов	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владение математическим аппаратом для оценивания характеристик случайных процессов	Успешное и систематическое владение математическим аппаратом, математическим аппаратом для оценивания характеристик случайных процессов
ВЛАДЕТЬ: методами работы с математическими моделями динамических систем УК-1.Б В-2	Отсутствие/фрагментарное владение методами работы с математическими моделями динамических систем	В целом успешное, но не систематическое владение методами работы с математическими моделями динамических систем	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владение методами работы с математическими моделями динамических систем	Успешное и систематическое владение методами работы с математическими моделями динамических систем
ВЛАДЕТЬ: навыками построения оптимальных фильтров ОПК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение навыками построения оптимальных фильтров	В целом успешное, но не систематическое владение навыками построения	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владение	Успешное и систематическое владение навыками построения оптимальных фильтров

		оптимальных фильтров	навыками построения оптимальных фильтров	
--	--	-------------------------	---	--

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Задачи можно найти по адресу: <http://lnfm1.sai.msu.ru/grav/russian/lecture/nudo/nudo.htm>

Примеры: Определить наблюдаемость/управляемость системы. Решить задачу мягкой посадки на Луну и др.

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к экзамену и зачету можно найти по адресу:
<http://lnfm1.sai.msu.ru/grav/russian/lecture/nudo/nudo.htm>

Пример: Передаточные функции. Характеристики динамической системы. Принцип двойственности. Алгоритм фильтра Калмана.

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Основная литература.

1. В.Л. Пантелеев, Наблюдение и управление динамическими объектами, курс лекций, МГУ
2. Е.П. Попов. Нелинейное автоматическое управление
3. Любушин А.А. Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга М. Наука 2007
4. Зотов Л.В. Теория фильтрации и обработка временных рядов. М. МГУ 2010
5. Freedman, Statistical Models Theory And Practice, Cabridge Univ. press
6. Schaffrin B., Adjustment Notes, Advanced Adjustment Notes, Lectures compiled by K. Snow, OSU, Columbus, 2009
7. Кендалл М., Стьюарт А., Статистические выводы и связи М. Наука 1973
8. Оксендаль Б., Стохастические дифференциальные уравнения М Мир 2003
9. К. Остерн Введение в стохастическую теорию управления 1973
10. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Колмановский, Носов. Математическая теория конструирования систем управления, М. Высшая школа, 2003
11. Бердичевский В.Л. Вариационные принципы механики сплошной среды. - М.: Наука, 1983
12. Чумаченко Е.Н., Логашина И.В. Математическое моделирование и оптимизация процессов де- формирования материалов при обработке давлением. - М.: ЭКОМЕТ, 2009.
13. Стратанович Р.Л. Условные марковские процессы и их применение к теории оптимального управления, М. МГУ 1966

14. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. 1974
15. Ширяев А.В. Вероятность 1 2, МЦМНО 2007
16. Дженкинс, Ваттс Спектральный анализ и его приложений 1,2. М. Мир 1971
17. Марпл С.Л., Цифровой спектральный анализ и его приложения, Москва, Мир, 1990
18. Губанов В.С. Обобщенный МНК, СПб. 1996
19. Афанасьев В. Н. Стохастические системы. Оценки и управление / Науч. ред.: И. Б. Ядыкин, В. В. Дикусар. М. : ЛЕНАНД, 2018.
20. Hamming R.W., Digital filters, Prentice Hall, 1977

Интернет-ресурсы.

<http://lnfm1.sai.msu.ru/grav/russian/lecture/nudo/nudo.htm>

Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.