

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

«Утверждаю»

Декан факультета ВМК МГУ
имени М.В. Ломоносова



Е.И. Моисеев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы наблюдения и идентификации в теории управления»

Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки – 01.06.01 «Математика и механика»

Направленность (профиль) – «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление»
(01.01.02)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы наблюдения и идентификации в теории управления

2. УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ, НАПРАВЛЕННОСТЬ (ПРОФИЛЬ) ПОДГОТОВКИ

Направление подготовки – 01.06.01 «Математика и механика».

Направленность (профиль) – «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление» (01.01.02)

4. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина относится к специальным дисциплинам вариативной части образовательной программы.

5. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1)	З1(ОПК-1) ЗНАТЬ: современные методы исследования и информационно-коммуникационных технологий в соответствующей профессиональной области У1(ОПК-1) УМЕТЬ: уметь самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

<p>ПК-1 Владение современными методами построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также методами разработки и реализации алгоритмов их решения на основе фундаментальных знаний в области математики и информатики</p>	<p>З1 (ПК-1) Знать: современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения У1 (ПК-1) Уметь: применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения В1 (ПК-1) Владеть: навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методов разработки и реализации алгоритмов их решения</p>
<p>СПК-63 способность применять основы теории идентификации и наблюдения для динамических систем;</p>	<p>З1 (СПК-63) Знать: основной набор инструментов, потенциальные возможности и особенности применения современных систем управления и наблюдения У1 (СПК-63) Уметь решать базовые задачи наблюдения и идентификации для динамических систем В1 (СПК-63) Владеть навыками оптимального выбора инструментов и конструирования наблюдателей и идентификаторов</p>

Оценочные средства для промежуточной аттестации приведены в Приложении.

6. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов.

40 часов составляет контактная работа с преподавателем – 32 часа занятий лекционного типа, 0 часов занятий семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 0 часов индивидуальных консультаций, 4 часов мероприятий текущего контроля успеваемости, 2 часа групповых консультаций, 2 часа мероприятий промежуточной аттестации.

68 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. ВХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Учащиеся должны владеть знаниями по математическому анализу, линейной алгебре, дифференциальным уравнениям в объеме, соответствующем основным образовательным программам бакалавриата и магистратуры по укрупненным группам направлений и специальностей 01.00.00 «Математика и механика».

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используются пакет прикладных программ MATLAB.

9. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В курсе рассматриваются две смежные проблемы теории управления: задача наблюдения, в рамках которой по доступной информации о входах, выходах и параметрах системы требуется восстановить информацию о векторе состояний системы; задачи идентификации, в рамках которой по доступной информации о системе требуется восстановить некоторые параметры системы. В рамках курса рассматриваются как классические постановки задач и методы их решения, так и современное состояние данной области теории управления.

The course deals with two related problems of control theory. The first is the task of observation. To solve this problem, using the available information about the inputs, outputs and parameters of the system, it is necessary to restore the information about the state vector of the system. The second task is identification. Here, some system settings need to be restored using the available system information. The course deals with both classical problem statements and methods of their solution, and the current state of this field of control theory.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы						Самостоятельная работа учащегося, часы		
		из них						из них		
Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости: коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего		
<p>Тема 1. Понятие о наблюдателях состояния.</p> <p>Наблюдаемость, идентифицируемость систем.</p> <p>Передаточная функция и канонические формы.</p> <p>Нестационарные линейные системы.</p>	20	8	-	-	-	2	10	10	-	10
<p>Тема 2. Построение наблюдателей.</p>	24	8	-	-	-	2	10	14	-	14

Полноразмерные наблюдатели.										
Наблюдатели Люенбергера пониженного порядка.										
Тема 3. Специальные наблюдатели.										
Понятие о функциональных наблюдателях.										
Восстановление скалярных функционалов.	26	8	-	-	-	2	10	16	-	16
Восстановление векторных функционалов.										
Тема 4. Системы с неопределенность.										
Классические методы синтеза наблюдателей для систем с неопределенностью.	38	8	-	2	-	-	12	28	-	28

<p>Статические и астатические методы оценивания в условиях неопределенности.</p> <p>Асимптотический наблюдатель для систем с неопределенностью.</p> <p>Стабилизация систем с использованием наблюдателей.</p>											
Итого	108						40	68			

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Задана система 3-го порядка

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad y = Cx.$$

Построить наблюдатель полного размера со спектром $\{-1, -1, -2\}$,

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & -2 \end{pmatrix}, \quad C = (1 \ 0 \ 0), \quad B = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

2. Задана система 3-го порядка

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad y = Cx.$$

Построить наблюдатель второго порядка со спектром $\{-1, -2\}$.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad C = (0 \ 0 \ 1), \quad B = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

3. Задана система 3-го порядка

$$\dot{x} = Ax, \quad y = Cx .$$

Привести систему к первой канонической форме.

11. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная учебно-методическая литература

1) С.К. Коровин, В.В. Фомичев. Наблюдатели состояния для линейных систем с неопределенностью. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007, -224 с

Дополнительная учебно-методическая литература

1. Андреев Ю.Н. Управление линейными конечномерными объектами. – М. Наука. Физматлит, 1976

2. Воронов А.А. Устойчивость. Управляемость. Наблюдаемость. – М. Наука. Физматлит. 1976

3. Hieu Trinh and Tyrone Fernando. Functional Observers for Dynamical Systems. - 2012 Springer Berlin Heidelberg

4. Емельянов С. В., Коровин С. К., Ильин А. В., Фомичев В. В., Фурсов А. С. Математические методы теории управления. Проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости // М., Физматлит, 2013.

5. Ильин А. В., Коровин С. К., Фомичев В. В. Методы робастного обращения динамических систем // М. Физматлит, 2009.

Информационные технологии, используемые в процессе обучения

В процессе обучения используются пакеты прикладных программ MATLAB, Maple.

12. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Русский

13. РАЗРАБОТЧИК ПРОГРАММЫ, ПРЕПОДАВАТЕЛИ

Д.ф.-м.н., профессор Фомичев Василий Владимирович (fomichev1@cs.msu.ru)

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине

Промежуточная аттестация состоит из двух этапов – выполнения практического контрольного задания, проверяющего приобретенные учащимся умения и навыки, и индивидуального собеседования, проверяющего приобретенные знания.

Средства для оценивания планируемых результатов обучения, критерии и показатели оценивания приведены ниже.

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ из соответствующих карт компетенций					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
	Неудовлетворительно	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	
УМЕТЬ: самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий У1 (ОПК-1)	Отсутствие умений	Частично освоенное умение самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	В целом успешное, но не систематическое умение самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Успешное и систематическое умение самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	доклад на научном семинаре
ЗНАТЬ: современные	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления	В целом сформированные, но	Сформированные, но содержащие	Сформированные систематические	Контрольные работы

методы исследования и информационно-коммуникационных технологий в соответствующей профессиональной области 31(ОПК-1)		современных методах исследования и информационно-коммуникационных технологий в соответствующей профессиональной области	неполные знания о современных методах исследования и информационно-коммуникационных технологий в соответствующей профессиональной области	отдельные пробелы знания о современных методах исследования и информационно-коммуникационных технологий в соответствующей профессиональной области	знания о современных методах исследования и информационно-коммуникационных технологий в соответствующей профессиональной области	
ЗНАТЬ: современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения 31 (ПК-1)	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методах разработки и реализации алгоритмов их решения	В целом сформированные, но неполные знания о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методах разработки и реализации алгоритмов их решения	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методах разработки и реализации алгоритмов их решения	Сформированные систематические знания о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методах разработки и реализации алгоритмов их решения	Устный экзамен
УМЕТЬ: применять современные методы построения и анализа	Отсутствие умений	Фрагментарные умения применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении	В целом успешное, но не систематическое умение применять современные методы построения и анализа математических	Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять современные методы построения и анализа	Сформированное умение применять современные методы построения и анализа математических моделей,	Устный экзамен

математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения У1 (ПК-1)		естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения	моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения	математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения	возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения	
ВЛАДЕТЬ: навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методов разработки и реализации алгоритмов их решения В1 (ПК-1)	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методов разработки и реализации алгоритмов их решения	В целом успешное, но не полное владение навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методов разработки и реализации алгоритмов их решения	Успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методов разработки и реализации алгоритмов их решения	Сформированное владение навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методов разработки и реализации алгоритмов их решения	Устный экзамен, контрольные работы
З1 (СПК-63)	Отсутствие	Фрагментарные	В целом	Сформированные, но	Сформированные	Устный

Знать: основной набор инструментов, потенциальные возможности и особенности применения современных систем управления и наблюдения	знаний	представления об основных инструментах, потенциальных возможностях и особенностях применения современных систем управления и наблюдения	сформированные, но неполные знания об основных инструментах, потенциальных возможностях и особенностях применения современных систем управления и наблюдения	содержащие отдельные пробелы знания об основных инструментах, потенциальных возможностях и особенностях применения современных систем управления и наблюдения	систематические знания об основных инструментах, потенциальных возможностях и особенностях применения современных систем управления и наблюдения	экзамен
У1 (СПК-63) Уметь решать базовые задачи наблюдения и идентификации для динамических систем	Отсутствие умений	Фрагментарные умения решать базовые задачи в области решения базовых задач наблюдения и идентификации для динамических систем	В целом сформированное, но не систематическое умение решать базовые задачи в области решения базовых задач наблюдения и идентификации для динамических систем	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение решать базовые задачи в области решения базовых задач наблюдения и идентификации для динамических систем	Сформированное систематическое умение решать базовые задачи в области решения базовых задач наблюдения и идентификации для динамических систем	Устный экзамен
В1 (СПК-63) Владеть навыками оптимального выбора инструментов и конструирования наблюдателей	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками оптимального выбора инструментов и конструирования наблюдателей и идентификаторов	В целом сформированное, но не систематическое владение навыками оптимального выбора инструментов и конструирования наблюдателей и идентификаторов	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками оптимального выбора инструментов и конструирования наблюдателей и идентификаторов	Сформированное систематическое владение навыками оптимального выбора инструментов и конструирования наблюдателей и идентификаторов	Устный экзамен

И идентификато ров						
--------------------------	--	--	--	--	--	--

Фонды оценочных средств

Примерные практические контрольные задания для текущего контроля успеваемости.

ПКЗ ТК1. Исследование наблюдаемости систем.

Примерные варианты заданий:

1. Задана система 3-го порядка

$$\dot{x} = Ax, \quad y = Cx.$$

Исследовать наблюдаемость системы, в случае ненаблюдаемости найти спектр ненаблюдаемой части системы.

$$\text{А) } A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & -2 \end{pmatrix}, \quad C = (-1 \quad 1 \quad 0)$$

$$\text{Б) } A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{pmatrix}, \quad C = (3 \quad 2 \quad 1)$$

ПКЗ ТК2. Построение наблюдателей.

1. Задана система 3-го порядка

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad y = Cx.$$

Построить наблюдатель полного размера со спектром $\{-1, -2, -3\}$,

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}, \quad C = (1 \quad 0 \quad 0), \quad B = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

2. Задана система 3-го порядка

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad y = Cx.$$

Построить наблюдатель второго порядка со спектром $\{-1, -3\}$.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}, C = (0 \ 0 \ 1), B = \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \\ -1 \end{pmatrix}$$

Список вопросов для экзамена.

1. Понятие о наблюдателях состояния.
2. Наблюдаемость, идентифицируемость систем.
3. Передаточная функция и канонические формы.
4. Нестационарные линейные системы.
5. Полноразмерные наблюдатели.
6. Наблюдатели Люенбергера пониженного порядка.
7. Понятие о функциональных наблюдателях.
8. Восстановление скалярных функционалов.
9. Восстановление векторных функционалов.
10. Классические методы синтеза наблюдателей для систем с неопределенностью.
11. Статические и астатические методы оценивания в условиях неопределенности.
12. Асимптотический наблюдатель для систем с неопределенностью.
13. Методы идентификации для линейных систем.
14. Стабилизация систем с использованием наблюдателей.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Практическое контрольное задание для промежуточной аттестации является довольно объемным, поэтому частично выполняется в качестве четвертого задания для текущего контроля успеваемости. Выполнение каждого практического задания текущего контроля успеваемости может принести максимум 50 баллов, в итоге по результатам работы в семестре учащийся может набрать максимум 100 баллов. На промежуточной аттестации можно также набрать 100 баллов – 60 баллов максимум по итогам индивидуального собеседования и 40 баллов максимум за выполнение практического контрольного задания. Итоговая сумма, не меньшая 170, соответствует оценке «отлично», от 135 до 169 – оценке «хорошо», от 90 до 134 – оценке «удовлетворительно», меньшая 90 – оценке «неудовлетворительно».