

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета математики и информационных технологий

  
С.А. Герасименко  
(подпись, расшифровка подписи)

"28" февраля 2017 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

### ДИСЦИПЛИНЫ

*«М.1.В.ОД.6 Системы с запаздыванием в задачах управления»*

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика  
(код и наименование направления подготовки)

Оптимизация и оптимальное управление  
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

Программа академической магистратуры

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

**Рабочая программа дисциплины «М.1.В.ОД.6 Системы с запаздыванием в задачах управления» /сост.**

**М.В. Завалий - Оренбург: ОГУ, 2017**

Рабочая программа предназначена студентам очной формы обучения по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика

© Завалий М.В., 2017

© ОГУ, 2017

## Содержание

1 Цели и задачи освоения дисциплины .....	
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	
3 Требования к результатам обучения по дисциплине .....	
4 Структура и содержание дисциплины .....	
4.1 Структура дисциплины .....	
4.2 Содержание разделов дисциплины .....	
4.3 Практические занятия (семинары) .....	
5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	
5.1 Основная литература .....	
5.2 Дополнительная литература .....	
5.3 Периодические издания .....	
5.4 Интернет-ресурсы .....	
5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий .....	
6 Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	
Лист согласования рабочей программы дисциплины .....	
Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины .....	
Приложения:	
Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине .....	
Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель (цели)** освоения дисциплины:

обучение методам интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом и систем дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом, а также ознакомление с некоторыми экономическими и техническими задачами, описываемыми дифференциальными уравнениями и системами дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом.

**Задачи:**

- освоение методов интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом;
- приобретение навыков содержательной интерпретации результатов, полученных при решении задач, описываемых системами дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *М.1.Б.4 Оптимизация и численные методы, М.1.Б.5 Оптимальное управление динамическими системами, М.1.Б.6 Идентификация динамических систем, М.1.В.ОД.5 Интеллектуальные методы оптимизации*

Требования к входным результатам обучения, необходимым для освоения дисциплины

Предварительные результаты обучения, которые должны быть сформированы у обучающегося до начала изучения дисциплины	Компетенции
<p><b>Знать:</b> содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> – планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения; осуществления деятельности.</p> <p>– самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для выполнения профессиональной деятельности.</p> <p><b>Владеть:</b> – приемами саморегуляции эмоциональных и функциональных состояний при выполнении профессиональной деятельности.</p> <p>– технологиями организации процесса самообразования; приемами целеполагания во временной перспективе, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности.</p>	ОК-3 готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
<p><b>Знать:</b> студент может определиться с темой либо получить задание, связанное с прикладной математикой, информатикой, программированием; определиться с графиком самостоятельной работы его выполнения; осуществить сбор, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме (заданию).</p> <p><b>Уметь:</b> обработать собранную информацию с использованием информационных технологий; выполнить основной объем работ (провести исследование или выполнить технические разработки) в соответствии с выбранной темой и поставленным индивидуальным заданием.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками работы на современных компьютерах и</p>	ОПК-1 готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности

Предварительные результаты обучения, которые должны быть сформированы у обучающегося до начала изучения дисциплины	Компетенции
исследовательском оборудовании; способностью к организации и проведению теоретических и экспериментальных исследований с применением современных средств и методов; навыками работы на современных компьютерах и исследовательском оборудовании; способностью к организации и проведению теоретических и экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.	
<b>Знать:</b> методы систематизации и обобщения научно-технической информации по теме исследований; основы организации научных исследований. <b>Уметь:</b> предлагать пути решения и выбирать методику и средства проведения научных исследований; систематизировать и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований. <b>Владеть:</b> навыками изучения математической литературы; методикой построения, анализа и применения математических моделей.	ПК-2 способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач
<b>Знать:</b> основные понятия теории игр, методам принятия решений в конфликтных ситуациях, методам решения задач сетевого планирования. <b>Уметь:</b> математически формализовать задачи; выбирать и использовать современные инструментальные программные и математические средства для ее решения; проводить содержательный анализ результатов решения задач; иметь представление о путях совершенствования процесса принятия решений в конфликтных ситуациях. <b>Владеть:</b> навыками применения количественных методов для принятия решений в организациях различных отраслей экономики; навыками применения информационных технологий, стандартных пакетов прикладных программ решения задач теории игр и исследования операций.	ПК-7 способностью разрабатывать и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов

Постреквизиты дисциплины: *М.2.В.П.1 Преддипломная практика*

### 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<b>Знать:</b> объекты, области, виды будущей профессиональной деятельности; роль и место методов прикладной математики и информационных технологий в различных предметных областях и сферах человеческой деятельности. <b>Уметь:</b> пользоваться приемами эффективного использования учебного времени, самоорганизации и контроля. <b>Владеть:</b> мотивацией к обучению и последующему выполнению профессиональной деятельности; осознавать социальную значимость своей будущей профессии.	ОПК-2 готовностью руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
<b>Знать:</b> аналитические методы решения дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом и систем дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом; приближенные методы решения	ПК-2 способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. <b>Уметь:</b> описывать некоторые задачи экономики и техники дифференциальными уравнениями с запаздывающим аргументом; решать дифференциальные уравнения с запаздывающим аргументом аналитически, графически и численными способами; анализировать полученные результаты. <b>Владеть:</b> навыками описания процессов с последствием дифференциальными уравнениями с отклоняющимся аргументом; знаниями об основах теории дифференциальных уравнений и систем с запаздывающим аргументом.	теоретические модели решаемых научных проблем и задач

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	3 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>34,25</b>	<b>34,25</b>
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
<b>Самостоятельная работа:</b> - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - выполнение расчетно-графического задания (РГЗ); - написание реферата (Р); - написание эссе (Э); - самостоятельное изучение разделов (перечислить); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к коллоквиумам; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	<b>109,75</b>	<b>109,75</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>зачет</b>	

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Предмет, задачи и особенности дисциплины	14	4	-		10
2	Основные методы решения дифференциальных	16	4	2		10

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	уравнений с запаздыванием					
3	Интегрируемые типы дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом	28	6	2		20
4	Приближенные методы решения дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом	28	4	4		20
5	Решение некоторых экономических задач с учетом временного лага	28	-	8		20
6	Системы дифференциальных уравнений с запаздыванием	30	-	-		30
	Итого:	144	18	16		110
	Всего:	144	18	16		110

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

**Раздел 1. Предмет, задачи и особенности дисциплины.** Основные понятия и определения. Классификация дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. Дифференциальные уравнения с отклоняющимся аргументом. Постановка основной начальной задачи.

**Раздел 2. Основные методы решения дифференциальных уравнений с запаздыванием.** Метод шагов решения дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. Сглаживание решений дифференциальных уравнений с запаздыванием с течением времени. Применение метода последовательных шагов для дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом и непрерывным переменным запаздыванием. Теорема существования и единственности решения основной начальной задачи.

**Раздел 3. Интегрируемые типы дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом.** Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными и с запаздывающим аргументом. Линейные дифференциальные уравнения с запаздывающим аргументом. Дифференциальные уравнения Бернулли с запаздывающим аргументом.

**Раздел 4. Приближенные методы решения дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом.** Приближенный метод разложения неизвестной функции с запаздывающим аргументом по степеням запаздывания. Приближенный метод Пуанкаре.

**Раздел 5. Решение некоторых экономических задач с учетом временного лага.** Экономический цикл Колецкого. Дифференциальное уравнение с запаздывающим аргументом, описывающего изменение запаса наличного капитала. Характеристическое уравнение. Случай вещественных корней характеристического уравнения. Случай комплексных корней характеристического уравнения. Дифференциальное уравнение с запаздывающим аргументом, описывающего динамику национального дохода в моделях с лагами (потребление пропорционально национальному доходу). Дифференциальное уравнение с запаздывающим аргументом, описывающего динамику национального дохода в моделях с лагами (потребление экспоненциально растет с темпом прироста).

**Раздел 6. Системы дифференциальных уравнений с запаздыванием.** Свойства решений системы дифференциальных уравнений с запаздыванием. Непрерывная зависимость решений от начальных данных и параметра запаздывания. Исследование свойств решений: оценка и структура. Двухточечная краевая задача системы дифференциальных уравнений с запаздыванием. Математические модели. Модели в экономике.

### 4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	2	Постановка начальной задачи. Метод шагов решения дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом	2
2	3	Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными и с запаздывающим аргументом. Линейные дифференциальные уравнения с запаздывающим аргументом	2
3,4	4	Приближенное решение дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом методом разложения функции от запаздывания по степеням запаздывания.	4
5	5	Дифференциальное уравнение с запаздывающим аргументом для функции $K(t)$ , показывающей запас наличного основного капитала в момент $t$	2
6	5	Дифференциальное уравнение для функции $y(t)$ , оказывающего национальный доход в моделях с лагами капитальных вложений при условии, что функция потребления имеет вид $c(t - \tau) = (1 - \alpha) y(t - \tau)$ , где $\alpha$ - постоянная норма производственного накопления	2
7,8	5	Дифференциальное уравнение для функции $y(t)$ , показывающего национальный доход в моделях с лагами капитальных вложений при условии, что функция потребителя имеет вид $c(t - \tau) = c(0)e^{r(t - \tau)}$	4
		Итого:	16

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Долгих, Ю. Ф. Математические модели динамических систем с запаздыванием [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Ф. Долгих., П. Г. Сурков. – Екатеринбург : Уzd-во Урал.ун-та, 2012. - [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=239533](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=239533)

2. Прасолов, А. В. Динамические модели с запаздыванием и их приложения в экономике и инженерии [Текст] : учеб.пособие / А. В. Прасолов. - СПб. : Лань, 2010. - 192 с. : ил. - (Учебники для вузов.Специальная литература). - Библиогр.: с. 190. - ISBN 978-5-8114-0931-0

3. Специальные разделы теории управления. Оптимальное управление динамическими системами : учебное пособие / Ю.Ю. Громов, О.Г. Иванова, В.В. Алексеев и др. ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 108 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277799>

4. Болодурина, И. П. Теория оптимального управления [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программе высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика / И. П. Болодурина [и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования



## **5.2 Дополнительная литература**

1. Болодурина, И.П. Дифференциальные уравнения с запаздывающим аргументом и их приложения. Учебное пособие. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2006.-101с.
2. Геворкян, Э.А. Дифференциальные уравнения с запаздывающим аргументом: пособие / Московский государственный университет экономики, статистики и информатики – М.: 2004. – 79 с.
3. Митропольский, Ю.А. Дифференциальные уравнения с отклоняющимся аргументом. Учебник. - Киев, 1977.-154с.
4. Системы автоматического управления с запаздыванием : учеб.пособие / Ю.Ю. Громов, Н.А. Земской, А.В. Лагутин, О.Г. Иванова,В.М. Тютюнник. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. 76 с. –ISBN 978-5-8265-0644-8.
5. Эльсгольц, Л.Э. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. Учебник. - М.: Изд-во «Наука», 1964.-158с.

## **5.3 Периодические издания**

Журнал «Открытые системы».

## **5.4 Интернет-ресурсы**

1. Образовательный математический сайт ([www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru)).
2. Консультационный центр Matlab ([www.matlab.ru](http://www.matlab.ru)).

## **5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий**

- Табличный процессор EXCEL;
- СУБД Delphi;
- Математический ПП MathCad.

## **6 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

В распоряжении преподавателей и обучающихся имеется основное необходимое материально-техническое оборудование, а именно компьютеры с соответствующим компьютерным обеспечением, Интернет-ресурсы, доступ к полнотекстовым электронным базам, книжный фонд Научной библиотеки Оренбургского государственного университета.

# ЛИСТ

## согласования рабочей программы

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика  
код и наименование

Наименование магистерской программы: Оптимизация и оптимальное управление


Дисциплина: М.1.В.ОД.6 Системы с запаздыванием в задачах управления

Форма обучения: очная  
(очная, очно-заочная, заочная)

Год набора 2017

РЕКОМЕНДОВАНА заседанием кафедры  
Кафедра прикладной математики  
наименование кафедры

протокол № 4 от "12" октября 2016г.

Ответственный исполнитель, заведующий кафедрой  
Кафедра прикладной математики  И.П. Болодурина  
наименование кафедры подпись расшифровка подписи

Исполнители:

<u>доцент</u> <small>должность</small>	 <small>подпись</small>	<u>Завалиев М.В.</u> <small>расшифровка подписи</small>
<small>должность</small>	<small>подпись</small>	<small>расшифровка подписи</small>

### СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии, научный руководитель по направлению подготовки  
01.04.02 Прикладная математика и информатика  И.П. Болодурина  
код наименование личная подпись расшифровка подписи

Научный руководитель магистерской программы  И.П. Болодурина  
личная подпись расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки  
 Н.Н. Грицай  
личная подпись расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству факультета  
 И.В. Улюмов  
личная подпись расшифровка подписи

Рабочая программа зарегистрирована в ОИОТ ЦИТ  
Начальник отдела информационных образовательных технологий ЦИТ  
 Е.В. Дырдина  
личная подпись расшифровка подписи