

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ

Директор института прикладной  
математики и компьютерных наук

А.В. Замятин

« 11 » ноября 2021 г.



## Адаптивные системы

### рабочая программа дисциплины

Закреплена за кафедрой	<i>прикладной математики</i>
Учебный план	<i>01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Прикладная математика и информатика»</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Общая трудоёмкость	<i>3 з.е.</i>
Часов по учебному плану	<i>108</i>
в том числе:	
аудиторная контактная работа	<i>37,9</i>
самостоятельная работа	<i>38,4</i>
Вид контроля в семестрах	
<i>экзамен</i>	<i>Семестр 8 – экзамен</i>

Программу составила  
к.т.н., доцент,  
доцент кафедры прикладной математики

 Г.Н. Решетникова

Рецензент:  
д.т.н., профессор,  
профессор кафедры прикладной математики


 К.И. Лившиц

Рабочая программа дисциплины «Адаптивные системы» разработана в соответствии с самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по направлению подготовки 01.03.02 – Прикладная математика и информатика (Утвержден Ученым советом НИ ТГУ, протокол от 27.10.2021 г. № 08).

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры прикладной математики

Протокол от 10.06.2021 г. № 11


Заведующий кафедрой прикладной математики,  
д.т.н., профессор

 А.М. Горцев

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии института прикладной математики и компьютерных наук (УМК ИПМКН)

Протокол от 17.06.2021 г. № 05

Председатель УМК ИПМКН,  
д.т.н., профессор

 С.П. Сущенко

**Цель освоения дисциплины «Адаптивные системы»** – привить навыки работы с учебной литературой по адаптивным системам, умение строить структурные схемы и осуществлять моделирование адаптивных систем при использовании квадратичных критериев, фильтров Калмана для оценивания состояния и параметров с учетом неполного измерения состояния.

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Адаптивные системы» относится к вариативной части профессионального цикла Блока 1. Дисциплина входит в модуль по выбору.

Для освоения дисциплины необходимо знать дифференциальное и интегральное исчисления, методы оптимизации, математическую статистику, информатику, пакеты прикладных программ.

Пререквизиты дисциплины: «Математический анализ I-III», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия I-II», «Информатика», «Численные методы», «Пакеты прикладных программ», «Математическая статистика», «Методы оптимизации», «Дифференциальные уравнения I-II»

Постреквизиты дисциплины: производственная практика «Научно-исследовательская работа», выполнение курсовых и квалификационных работ.

## 2. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

Таблица 1.

Компетенция	Индикатор общепрофессиональной компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций)
ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач.	ИОПК-2.1. Обладает навыками объектно-ориентированного программирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности. ИОПК-2.2. Проявляет навыки использования основных языков программирования, основных методов разработки программ, стандартов оформления программной документации. ИОПК-2.3. Демонстрирует умение отбора среди существующих математических методов наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи. ИОПК-2.4. Демонстрирует умение адаптировать существующие математические методы для решения конкретных прикладных задач.	ОР-2.1. Обучающийся сможет: - использовать навыки объектно-ориентированного программирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности. ОР-2.2. Обучающийся сможет: - использовать основные языки программирования, методы разработки программ. - использовать существующие стандарты при оформлении программной документации. ОР-2.3. Обучающийся сможет: - отобрать среди существующих математических методов наиболее подходящие для решения конкретной прикладной задачи, - доказать возможность решения прикладной задачи при использовании конкретного численного метода. ОР-2.4. Обучающийся сможет: - определять необходимость применения тех или иных математических моделей и компьютерных технологий для решения поставленной задачи; - применять на практике необходимые математические модели и компьютерные технологии для решения практических задач, возникающих в профессиональной деятельности.

<p>ПК-3. Способен формализовывать, согласовывать и документировать требования к системе и подсистеме, обрабатывать запросы на изменение требований к системе и подсистеме, выявлять и формализовывать риски, аннулировать проблемные ситуации.</p>	<p>ИПК-3.1. Реализовывает построение формализованной математической модели системы (подсистемы): введение целевой функции системы (подсистемы) и ограничений, соответствующих требованиям к системе (подсистеме). ИПК-3.2. Адаптирует формализованную математическую модель системы (подсистемы) к изменению требований (ограничений и целевой функции) к системе (подсистеме). ИПК-3.3. Выявляет и формализовывает в виде математической модели возникающие при функционировании системы (подсистемы) риски, выявляет и анализирует проблемные ситуации.</p>	<p>ОП-3.1. Обучающийся сможет: - реализовать построение формализованной математической модели системы - ввести целевую функцию системы (подсистемы) и ограничения, соответствующие требованиям к системе (подсистеме). ОП-3.2. Обучающийся сможет: - адаптировать формализованную математическую модель системы (подсистемы) к изменению требований (ограничений и целевой функции) к системе (подсистеме). ОП-3.3. Обучающийся сможет: выявлять и формализовывать в виде математической модели возникающие при функционировании системы (подсистемы) риски. - выявлять и анализировать проблемные ситуации.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура и трудоемкость видов учебной работы по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Таблица 2.

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах	
	8 семестр	всего
<b>Общая трудоемкость</b>	108	108
<b>Контактная работа:</b>	35,9	35,9
Лекции (Л):	16	16
Практики (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Семинары (СЗ)		
Групповые консультации	2	2
Индивидуальные консультации	1,6	1,6
Промежуточная аттестация	0,3	0,3
<b>Самостоятельная работа обучающегося:</b>	72,1	72,1
- изучение учебного материала	18,4	18,4
- подготовка к лабораторным занятиям	20	20
- подготовка к промежуточной аттестации	33,7	33,7
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен</b>	

### 3.2. Содержание и трудоемкость разделов дисциплины

Таблица 3.

Код занятия	Наименование разделов и тем и их содержание	Вид учебной работы, занятий, контроля	С е м е с т р	Всего (час.)	Литература	Код (ы) результата(ов) обучения
<b>1.</b>	<b>Тема 1. Введение</b>		8		№ 1, №5, № 6	ОР-2.1, ОР-2.2, ОР-2.3, ОР-2.4.
1.1.	Введение в курс «Адаптивные системы». Основные определения и классификация адаптивных систем. Описание систем в пространстве состояний. Пример построения математической модели вертикального взлета ракеты.	Лекции		2		
1.2	Моделирование свободного движения объекта. Графическая иллюстрация результатов.	Лаборат. Работы СРС		2 4		
<b>2.</b>	<b>Тема 2. Синтез управляющих воздействий по классическому квадратичному критерию.</b>		8		№2, № 3, № 6	ОР-2.1, ОР-2.2, ОР-2.3, ОР-2.4., ОР-3.1, ОР-3.2, ОР-3.3,
2.1.	Преобразование непрерывной стохастической системы в дискретную. Совмещенный синтез. Постановка задачи слежения. Алгоритмы синтеза управляющих воздействий по классическому квадратичному критерию.	Лекции		2		
2.2.	Синтез управляющих воздействий по классическому квадратичному критерию для стохастической модели объекта. Решение уравнения Риккати	Лаборат. Работы СРС		2 4		
<b>3.</b>	<b>Тема 3. Синтез управляющих воздействий с прогнозирующей моделью.</b>		8		№1, №2, №6	ОР-2.1, ОР-2.2, ОР-2.3, ОР-2.4., ОР-3.1, ОР-3.2, ОР-3.3,

3.1.	Описание математической модели объекта при управлении скоростью перемещения управляющих органов. Алгоритмы синтеза управляющих воздействий по квадратичному критерию обобщенной работы Красовского А.А. с прогнозирующей моделью.	Лекции		2		
3.2.	Решение задачи управления скоростью перемещения управляющих органов. Синтез управляющих воздействий по квадратичному критерию обобщенной работы с прогнозирующей моделью.	Лаборат. Работы		2		
		СРС		4		
<b>4.</b>	<b>Тема 4. Оценивание состояния фильтром Калмана.</b>		8		№ 1, №2, №4, № 6	ОП-2.1, ОП-2.2, ОП-2.3, ОП-2.4., ОП-3.1, ОП-3.2, ОП-3.3,
4.1.	Описание математической модели измерительного комплекса. Построение оценок состояния дискретным фильтром Калмана. Теорема разделения.	Лекции		2		
4.2.	Построение стохастической математической модели измерительного комплекса при полном измерении. Реализация Оценивание состояния фильтром Калмана по результатам текущих измерений.	Лаборат. Работы		2		
		СРС		4		
<b>5.</b>	<b>Тема 5. Синтез управления по оценкам состояния.</b>		8		№ 1, №2, № 3, №5, № 6	ОП-2.1, ОП-2.2, ОП-2.3, ОП-2.4., ОП-3.1, ОП-3.2, ОП-3.3,
5.1	Синтез управления по локальному критерию. Синтез управляющих воздействий по оценкам состояния по квадратичным критериям: классическому, обобщенной работы и локальному.	Лекции		2		
5.2.	Синтез управляющих воздействий по оценкам состояния при использовании классического квадратичного критерия.	Лаборат. Работы		2		
		СРС		4		
<b>6.</b>	<b>Тема 6. Оценивание состояния и параметров параллельными</b>		8		№ 1, №2, № 3, № 6	ОП-2.1, ОП-2.2, ОП-2.3, ОП-2.4., ОП-3.1,

	<b>фильтрами Калмана.</b>					OP-3.2, OP-3.3,
6.1.	Описание модели объекта при наличии неизвестных параметров. Построение оценок вектора параметров дискретным фильтром Калмана. Оценивание состояния и параметров модели объекта параллельными фильтрами Калмана.	Лекции		2		
6.2.	Оценивание параметров модели объекта фильтром Калмана.	Лаборат. Работы		2		
		СРС		4		
<b>7.</b>	<b>Тема 7. Синтез адаптивного управления по квадратичным критериям.</b>		8			OP-2.1, OP-2.2, OP-2.3, OP-2.4., OP-3.1, OP-3.2, OP-3.3,
7.1.	Ограничения по управлению и состоянию. Запаздывание по управлению. Синтез адаптивного управления по квадратичным критериям.	Лекции		2		
7.2.	Оценивание состояния и параметров модели объекта параллельными фильтрами Калмана.	Лаборат. Работы		2		
		СРС		4		
<b>8.</b>	<b>Тема 8. Общая схема синтеза адаптивных систем управления.</b>		8		№ 1, №2	OP-2.1, OP-2.2, OP-2.3, OP-2.4., OP-3.1, OP-3.2, OP-3.3,
8.1.	Описания математических моделей технических систем. Общая схема синтеза адаптивного управления для математических моделей технических систем	Лекции		2		
8.2.	Индивидуальная работа. Синтез адаптивного управления для конкретных математических моделей технических систем	Лаборат. Работы		2		
		СРС		10,4		
	Подготовка к промежуточной аттестации.	Экзамен	8	33,7		

#### 4. Образовательные технологии, учебно-методическое и информационное обеспечение для освоения дисциплины

Исходным учебным материалом является лекция и лабораторные работы.

Самостоятельная работа студентов включает изучение лекционного материала, подготовку к выполнению лабораторных работ и индивидуального задания, а также подготовку к сдаче экзамена.

Промежуточная аттестация осуществляется на основе выполнения всех лабораторных работ, индивидуального задания и успешной сдачи экзамена в тестовой форме.

##### 4.1. Рекомендуемая литература и учебно-методическое обеспечение

№ п/п	Авторы / составители	Заглавие	Издательство	Год издания
Основная литература				
1.	Г. Н. Решетникова	Адаптивные системы: учебное пособие: [для студентов ФПМК направления подготовки 01.03.02 - Прикладная математика и информатика с квалификацией бакалавр] 112 с.	Томск : Издательский Дом Томского государственного университета	2016
2.	Г. Н. Решетникова	Моделирование систем: учебное пособие: [для студентов вузов, обучающихся по специальности 220201(220201) "Управление и информатика в технических системах"]	Томск :Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроник и	2007
3.	А. М. Цыкунов	Адаптивное и робастное управление динамическими объектами по выходу. 268 с.	М.: Физматлит	2009
Дополнительная литература				
4.	В.Ю. Шишмарев	Теория автоматического управления : учебник для студентов вузов по направлению подготовки "Автоматизация технологических процессов и производств" . 350 с.	М.: Академия	2012
5.	Р. Дорф, Р. Бишоп	Современные системы управления, 831 с.	Лаборатория Базовых знаний	2004
6.	Под. ред. А.А. Красовского	Справочник по теории автоматического управления. 712 с.	М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.	1987

##### 4.2. Базы данных и информационно-справочные системы, в том числе зарубежные

1. Адаптивные системы : учебное пособие : [для студентов ФПМК направления подготовки 01.03.02 - Прикладная математика и информатика с квалификацией бакалавр] /Г. Н. Решетникова ; Нац. исслед. Том. гос. ун-т Решетникова, Галина Николаевна  
Электронный ресурс : <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000535904>

2. Моделирование систем : учебное пособие : [для студентов вузов, обучающихся по специальности 220201(220201) "Управление и информатика в технических системах"] /Г. Н. Решетникова ; Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники Решетникова, Галина Николаевна, Электронный ресурс

: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000343580>



3. Адаптивное управление поставками и рекламой Электронный ресурс : алгоритмы, модели, ограничения /Галина Решетникова, Saarbrücken : LAP Lambert Academic Publishing , 2012, -142 с. <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000518737>

4. Образовательный математический сайт ([www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru)).

#### **4.3. Перечень лицензионного и программного обеспечения**

Microsoft Office, пакет MATHCAD 14.

#### **4.4. Оборудование и технические средства обучения**

Компьютеры, проектор.

#### **5. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины**

Все необходимое учебно-методическое обеспечение по дисциплине представлено в печатном и электронном виде в библиотеке ТГУ.

#### **6. Преподавательский состав, реализующий дисциплину**

Решетникова Галина Николаевна, к.т.н, доцент, доцент кафедры прикладной математики НИ ТГУ.

#### **7. Язык преподавания – русский язык.**