

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем машиноведения
Российской академии наук
(ИПМаш РАН)**

Одобрено на Ученом совете
ИПМаш РАН
Протокол № 7/23
«27» июня 2023 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПМаш РАН, д.т.н.

 В.А. Полянский
«30» августа 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ»**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
«АДАПТАЦИЯ И ОБУЧЕНИЕ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ»**

Научные специальности:

- 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение
- 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика
- 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы
- 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы

Форма обучения:

очная

Санкт-Петербург
2023

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Адаптивные системы» реализуется в рамках элективной (обязательной) дисциплины образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем машиноведения Российской академии наук (ИПМаш РАН) для аспирантов очной формы обучения по научным специальностям: 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение; 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации; 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы; 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

Рабочая программа разработана в соответствии с «Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 № 2122) и «Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов» (утверждены приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации 20.10.2021 № 951), и учебным планом программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по образовательной программе **«АДАПТАЦИЯ И ОБУЧЕНИЕ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ»** по научным специальностям: 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение; 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика; 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы; 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

Программа дисциплины «Адаптивные системы» по учебному плану предусматривает: лекции; практические (семинарские) занятия, в том числе аудиторные занятия в интерактивной форме; самостоятельную работу, в том числе творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу. Текущая аттестация проводится в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой. Промежуточная аттестация осуществляется в период зачетно-экзаменационной сессии в форме экзамена.

Дисциплина «Адаптивные системы» реализуется на втором году обучения в аспирантуре.

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

Цель изучения дисциплины: обучение аспирантов методам анализа и синтеза адаптивных систем управления и оценивания, подготовка к самостоятельному развитию теории и решению различных прикладных задач адаптивного управления и оценивания, развитие у аспирантов навыков анализа и синтеза систем управления и оценивания для линейных и нелинейных объектов в условиях неполноты информации об объекте и внешней среде.

1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий

Для успешного освоения дисциплины необходимо предварительное знакомство с дисциплинами «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Аналитическая геометрия», «Функциональный анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей» в объеме стандартных университетских курсов. Предполагается также знакомство с курсом «Теория автоматического управления».

Максимальная эффективность программы будет обеспечена при условии, что студент:

1. Владеет основами алгебры и математического анализа.
2. Владеет основами функционального анализа.
3. Владеет основами теории вероятностей
4. Владеет основами теории обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений математической физики

1.3. Перечень результатов обучения

- владение основами методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени
- знание основных результатов и методов теории адаптивного управления и умение их использовать для решения теоретических и прикладных задач.

1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий

Используются следующие формы учебных занятий:

Аудиторная учебная работа: теоретические занятия в форме лекций, работа на семинарах, текущее тестирование, экзамен в конце семестра.

Самостоятельная работа:

- а) без участия преподавателя (индивидуальная работа с доступными информационными и образовательными ресурсами, имеющимися в открытом доступе в сети Интернет) с целью преодоления индивидуальных трудностей в освоении отдельных разделов курса, а также удовлетворения личных познавательных потребностей.
- б) самостоятельная работа обучающихся, в том числе с использованием методических материалов, с целью подготовки к выступлению на семинаре.

Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

2.1. Организация учебных занятий

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся																		
Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п.	Контактная работа обучающихся с преподавателем												Самостоятельная работа				Объём активных и интерактивных форм учебных занятий	Трудоёмкость
	лекции	семинары	консультации	практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	сам. раб. с использованием методических материалов	текущий контроль (сам.раб.)	промежуточная аттестация (сам.раб.)	итоговая аттестация (сам.раб.)		
Форма обучения: очная																		
	10	12	2					2	2				16		4		48	3
Итого																	48	

Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации						
Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п.	Формы текущего контроля успеваемости		Виды промежуточной аттестации		Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации)	
	Формы	Сроки	Виды	Сроки	Виды	Сроки
Форма обучения очная						
			экзамен, устно, традиционная форма	по графику промежуточной аттестации		

2.2. Структура и содержание учебных занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1.	Постановки задач адаптивного управления. Непрерывные и дискретные адаптивные системы	лекции	2
		семинары	
		по методическим материалам	2
2.	Метод рекуррентных целевых неравенств: сведение задач адаптации к счетным системам неравенств	Лекции	
		Семинары	2
		по методическим материалам	2
3.	Непрерывные алгоритмы адаптивного управления. Метод скоростного градиента	Лекции	2
		Семинары	2
		по методическим материалам	2
4.	Алгоритмы решения счетных систем рекуррентных неравенств типа "Полоска": базовые, векторные, среднеквадратичные, с подбором точности, с подбором размерности. Сведение невыпуклых систем неравенств к выпуклым.	Лекции	2
		Семинары	2
		по методическим материалам	2
5.	Непрерывные адаптивные системы с явной и неявной эталонной моделью	Лекции	2
		Семинары	2
		по методическим материалам	2
6.	Адаптивное субоптимальное в минимаксном смысле управление минимально-фазовыми дискретными объектами.	Лекции	2
		Семинары	
		по методическим	2

		материалам	
7.	Адаптивное управление дискретными и непрерывными неминимально-фазовыми объектами	Лекции	
		Семинары	2
		по методическим материалам	2
8.	Примеры адаптивного управления нелинейными объектами: управление летательным аппаратом, управление технологическим процессом, управление вибрационной установкой	Лекции	
		Семинары	2
		по методическим материалам	2
	Итого		42 часа

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Успешное освоение дисциплины возможно благодаря проверке понимания материала непосредственно во время, участию в обсуждении вопросов, подготовленных к занятию, самостоятельной работе, включающей в себя выполнение домашних заданий.

3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

На каждом занятии формулируются задания для самостоятельного выполнения с последующей проверкой в начале следующего занятия.

3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Аппарат контроля над усвоением материала включает в себя опросы по пониманию используемых при доказательствах утверждений. Результаты учитываются на экзамене.

1. Экзаменационное задание предполагает ответ на два теоретических вопроса, дополнительные вопросы и решение практической задачи.

Среди дополнительных к вопросам билета могут быть заданы вопросы о тех понятиях и утверждениях, которые используются при ответе на основные вопросы. Среди дополнительных к решению задачи могут быть сформулированы вопросы, требующие раскрытия теоретических основ решения.

2. Для подготовки ответов на теоретические вопросы студенту предоставляется 45 минут, а после ответа --- дополнительно 20 минут на решение задачи.

Критериями оценки являются:

- наличие (отсутствие) полноты ответа;
- включение в ответ понятий и утверждений, не относящихся к поставленному вопросу (задаче);
- отсутствие (наличие) фактических ошибок;
- отсутствие (наличие) неточностей;
- аккуратность решения задачи.

5. Оценка «отлично» ставится за полный ответ без ошибок и неточностей и правильное и аккуратное решение задачи.

Оценка «хорошо» ставится за ответ и решение с незначительными неточностями, исправленными в ходе ответа на дополнительные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» ставится за ответ и решение с не принципиальными ошибками и неточностями, исправленными в ходе ответа на дополнительные вопросы.

Оценка «неудовлетворительно» ставится в том случае, если студент не может исправить допущенные им ошибки при ответе на дополнительные вопросы.

3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Примерный список вопросов для устного экзамена:

1. Основные постановки задач адаптивного управления
2. Метод рекуррентных целевых неравенств: сведение задач адаптации к счетным системам неравенств
3. Дискретизация и континуализация объектов управления. Качественные свойства моделей, анализ адекватности методов моделирования.
4. Алгоритмы решения счетных систем рекуррентных неравенств типа "Полоска": базовые, векторные, среднеквадратичные, с подбором точности, с подбором размерности. Сведение невыпуклых систем неравенств к выпуклым.
5. Диссипативность систем управления как достаточное условие сходимости алгоритмов адаптации. Обеспечение диссипативности в замкнутом контуре управления за счет специальных свойств алгоритмов адаптации.
6. Адаптивное субоптимальное в минимаксном смысле управление минимально-фазовыми дискретными объектами.
7. Непрерывные алгоритмы адаптивного управления. Метод скоростного градиента
8. Примеры систем адаптивного управления нелинейными объектами.

3.2. Кадровое обеспечение

3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

К преподаванию дисциплины могут быть допущены преподаватели, имеющие диплом о высшем образовании по соответствующему направлению.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Не требуется.

3.3. Материально-техническое обеспечение

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Аудитория с доской; желательны белая доска и маркеры.

Для практических занятий --- компьютерный класс с установленным пакетом MATLAB

3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

Компьютерный

проектор.

Для практических занятий --- компьютерный класс

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

Не предусмотрено.

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

1. Матвеев А. С., Фрадков А. Л., Шепелявый А. И. Обзор работ научной школы В. А. Якубовича по искусственному интеллекту и робототехнике // Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия. 2023. Т. 10 (68). Вып. 4. С. 665–685. <https://doi.org/10.21638/spbu01.2023.406>
2. Плотников С.А., Семенов Д.М., Фрадков А.Л., Математическое моделирование систем управления (учебное пособие). – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 193 с.
3. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Метод скоростного градиента и его приложения. Автоматика и Телемеханика, 2021, №9, С.3-72.

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. Фомин В.Н., Фрадков А.Л., Якубович В.А. Адаптивное управление динамическими объектами. М.: Наука, гл. Ред. Физ-мат литературы, 1981. — 448 с.
2. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление в сложных динамических системах. СПб.: Наука, 2000, 549 с.
3. Гелиг, А. Х. , Матвеев, А. С. Введение в математическую теорию обучаемых распознающих систем и нейронных сетей. ., 2014, Изд-во Санкт-Петербургского университета.
4. Бондарко В.А. Адаптивные субоптимальные системы с переменной размерностью вектора подстраиваемых параметров. Автоматика и телемеханика. 2006. № 11. С. 38-59.
5. Bondarko V.A., Fradkov A.L. Adaptive Stabilization Of Linear Systems Through A Two-Way Channel With Limited Capacity. IFAC-PapersOnLine (см. в книгах). 2016. Т. 49. № 13. С. 164-168.

Раздел 4. Разработчики программы

Фрадков Александр Львович, д.т.н., проф.

Бондарко Владимир Александрович, к.ф.-м.н., доцент.