



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры

_____ А.А. Южаков
д.т.н., профессор, зав. кафедрой АТ

« 19 » « Мая » 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины
«Основы современных систем управления»
по программе аспирантуры**

Научная специальность	2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
Выпускающая кафедра	Оборудование и автоматизация химических производств
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 3
Виды контроля с указанием семестра: Зачет: 3	

Пермь 2022

1. Общие положения

Программа дисциплины «Основы современных систем управления» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование у аспирантов представления об общих методологических основах и принципах построения систем управления, углубленных профессиональных знаний о современных методах синтеза алгоритмов управления техническими и технологическими объектами, раскрытие кибернетических аспектов управления.

Задачами дисциплины являются:

- формирование знаний о математическом описании динамических систем уравнениями пространства состояний и преобразовании математических моделей к форме уравнений пространства состояний, методах и алгоритмах оптимального управления динамическими объектами, методах аналитического конструирования оптимальных регуляторов, оптимальных стохастических системах стабилизации, системах экстремального регулирования, адаптивных системах с эталонной моделью, адаптивных наблюдателях, идентификационном и прямом алгоритмах адаптивного управления, методах идентификации в адаптивном управлении, проблеме робастного управления нестационарными объектами и параметрическом синтезе робастных систем управления;
- формирование умений постановки задач синтеза алгоритмов управления техническими и технологическими объектами, основанных на методах современной теории управления, приемами работы с алгоритмами, реализованными в системах специализированной компьютерной математики типа MATLAB;
- формирование навыков применения полученных знаний при осуществлении исследований в области решения задач промышленной автоматизации сложных технологических процессов.

1.2. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Основы современных систем управления» является дисциплиной по выбору образовательного компонента.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- методы и средства проведения научных исследований в области автоматизации и управления технологическими процессами, технологию разработки алгоритмического и программного обеспечения промышленных систем управления;
- порядок представления результатов системного анализа и моделирования в виде рефератов;

Уметь:

- выявлять, анализировать, формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской и педагогической деятельности, требующие углубленных профессиональных знаний; свободно ориентироваться в дискуссионных проблемах.
- представлять итоги научно-исследовательской деятельности в виде рефератов, в ходе проведения системного анализа и моделирования.

Владеть:

- методами современной теории управления; приемами работы с алгоритмами, реализованными в системах специализированной компьютерной математики типа MATLAB;
- приемами представления итогов научно-исследовательской деятельности в виде рефератов, в ходе проведения системного анализа и моделирования.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	39
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-
	Практические занятия (ПЗ)	32
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7
	Самостоятельная работа (СР)	69
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Основы теории современных систем управления

ПЗ – 20 ч, СР – 24 ч.

Тема 1. Основные понятия теории управления.

Цели и принципы управления, динамические системы. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы, Основные задачи теории управления: стабилизация, слежение программное управление, оптимальное управление, экстремальное регулирование.

Классификация систем управления. Автоматические и автоматизированные системы управления (АСУ) технологическими процессами (ТП) и производствами.

Основные подходы к анализу и синтезу автоматических и автоматизированных управляемых систем.

Структуры систем управления: разомкнутые системы, системы с обратной связью, комбинированные системы. Задачи управления сложными системами. Локальные задачи управления. Блоки и алгоритмы устройств управления.

Тема 2. Математические модели вход-выход.

Линейные модели вход-выход: аналитические модели, структурные модели, модели возмущенных систем.

Переходные процессы и характеристики моделей вход-выход: переходные процессы, процессы автономных систем, вынужденное движение, установившееся движение, статический режим.

Динамические и статические характеристики систем управления: переходная и весовая функции и взаимосвязь, частотные характеристики. Типовые динамические звенья, их характеристики.

Тема 3. Математические модели вход – состояние - выход (ВСВ).

Понятие пространства состояний и модели состояние - выход: переменные состояния, модели состояние - вход и переходные процессы, свойства моделей состояние – выход.

Модели управляемых систем: модели вход – состояние – выход, передаточная функция (матрица) и структурные схемы моделей ВСВ.

Эквивалентные преобразования и канонические представления моделей ВСВ.

Тема 4. Устойчивость и структурные свойства систем управления.

Устойчивость систем управления: техническая устойчивость, понятия математической устойчивости, устойчивость возмущенных систем.

Устойчивость линейных стационарных систем. Критерии устойчивости: Ляпунова, Рауса-Гурвица, Михайлова, Лъенарда - Шипарда.

Устойчивость линейных систем с обратной связью: критерий Найквиста, большой коэффициент усиления.

Структурные свойства систем управления: управляемость линейных систем, наблюдаемость линейных систем. Дуальность управляемости и наблюдаемости.

Запас устойчивости и робастность систем автоматического управления: оценка запаса устойчивости систем управления по распределению корней характеристического уравнения, оценка запаса устойчивости систем управления по частотным характеристикам, грубость и робастность систем управления.

Тема 5. Качество систем управления.

Задачи систем управления и показатели качества: показатели качества, оценка качества по переходным функциям, установившееся движение и точность, динамические показатели автономных систем.

Корневые методы исследования качества: расположение полюсов и теорема подобия, анализ быстродействия, оценка колебательности.

Оценка точностных показателей: разомкнутые и замкнутые системы, статические и астатические системы, точность при постоянных входных воздействиях, оценка точности в типовых режимах и метод коэффициентов ошибок.

Интегральные показатели точности управления.

Тема 6. Дискретные системы.

Классификация дискретных систем автоматического управления. Управление импульсных систем во временной области. Разомкнутые системы. Описание импульсного

элемента. Импульсная характеристика приведенной непрерывной части. Замкнутые системы. Уравнения разомкнутых и замкнутых импульсных систем относительно решетчатых функций. Дискретные системы. Z-преобразование решетчатых функций и его свойства.

Дискретные модели динамических процессов: построение дискретных моделей вход – выход; передаточная, переходная и весовая функции импульсной системы; модели вход-состояние-выход.

Основные свойства дискретных систем: устойчивость дискретных систем, управляемость и наблюдаемость.

Качество дискретных систем управления: динамические показатели качества; оценка точностных показателей качества.

Раздел 2. Методы управления в базовых системах автоматизации

ПЗ – 19 ч, СР – 25ч.

Тема 7. Методы синтеза современных систем управления.

Общие принципы управления. Управление выходом и одноконтурные системы. Расчет САУ из условия минимизации выбросов. Расчет оптимальных параметров ПИ – регуляторов при ограничении на корневой показатель колебательности. Расчет оптимальных параметров настройки ПИ – регуляторов при ограничении на частотный показатель колебательности. Расчет оптимальных параметров настройки ПИД – регуляторов.

Расчет САУ из условия минимизации среднеквадратичного отклонения управляемой величины. Расчет оптимальных параметров регуляторов в системах высокой технологической работоспособности.

Синтез алгоритмов сложных структур систем управления. Системы с добавочным контролем вспомогательных регулируемых величин. Расчет параметров настройки системы с добавочной информацией о вспомогательных регулируемых величинах. Синтез систем с компенсацией возмущений.

Многомерные системы управления: расчет параметров систем несвязного регулирования многомерных объектов, автономные системы управления.

Регуляторы и системы управления состоянием: синтез алгоритма стабилизации и метод модального управления, стабилизация возмущенного объекта, синтез следящих систем.

Синтез наблюдателей состояния: наблюдатель полного порядка, расширенный наблюдатель, редуцированный наблюдатель возмущения. Регулятор выхода и принцип разделения.

Тема 8. Системы управления с цифровыми контроллерами.

Цифровые контроллеры и преобразования их математического описания к расчетному виду. Дискретные системы с непрерывной частью. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов.

Тема 9. Устойчивость нелинейных систем.

Основные понятия устойчивости: равновесные состояния и устойчивость; первый метод Ляпунова; второй метод Ляпунова; устойчивость линейных и линеаризованных систем.

Частичная устойчивость и устойчивость по выходу: устойчивость по части переменных; устойчивость по функции; устойчивость по выходу.

Пассивность и устойчивость по входу.

Тема 10. Релейные системы.

Релейные системы с нелинейным объектом управления. Скользящий режим.

Релейные системы с линейным объектом управления: условия устойчивости; скользящий режим и эквивалентное управление.

Раздел 3. Специальные системы управления

СР – 20 ч.

Тема 11. Управление системами с последствием.

Алгоритмы МРС в системах автоматизации технологических процессов.

Тема 12. Оптимальное управление и классические методы оптимизации.

Задачи оптимального управления. Простейшая задача вариационного исчисления. Задачи на условный экстремум. Теория Гамильтона: каноническая модель в гамильтоновой форме; синтез оптимального управления

Тема 13. Адаптация в системах управления

Применение методов адаптации при синтезе систем управления и в процессе эксплуатации.

4.2. Перечень тем практических занятий

Примерный перечень тем практических занятий приведен в таблице 2.

Таблица 2

№ темы	Раздел темы	Содержание	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	2	3	4	5
1	Основные подходы к анализу и синтезу автоматических и автоматизированных управляемых систем.	Анализ аналоговых современных систем управления.	Собеседование, творческое задание.	Вопросы по темам дисциплины.
6	Основные свойства дискретных систем	Анализ дискретных современных систем управления.	Собеседование, творческое задание.	Вопросы по темам дисциплины.
1,7,8	Синтез алгоритмов сложных структур систем управления. Системы управления с цифровыми контроллерами	Синтез современных систем управления.	Собеседование, творческое задание.	Вопросы по темам дисциплины.
1,9,10	Основные понятия устойчивости нелинейных систем. Релейные системы с нелинейным объектом управления.	Анализ и синтез нелинейных систем управления.	Собеседование, творческое задание.	Вопросы по темам дисциплины.
11,12,13	Алгоритмы МРС в системах автоматизации.	Специальные системы управления	Собеседование, творческое задание.	Вопросы по темам дисциплины.

	Задачи оптимального управления. Применение методов адаптации при синтезе и эксплуатации систем управления.			
--	--	--	--	--

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в подготовке к аудиторным занятиям, теоретическом изучении отдельных тем дисциплины и выполнении индивидуального творческого задания.

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на аудиторных занятиях преподавателем, а также указываются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов.

6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1.	Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп; Пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2012 – 832 с.: ил.	3
2.	Методы классической и современной теории автоматического управления: учебное пособие для вузов: в 5 т. / Под ред. К.А. Пупкова.– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.	16
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1.	Ротач В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МЭИ, 2008.– 400 с., ил. .	15

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре местонахождение электронных изданий
1	2	3
2.	Теория автоматического управления: Учеб. для вузов /С.Е. Душин, Н.С. Зотов, Д.Х. Имаева и др.; Под ред. В.Б.Яковлева. – М.: Высшая школа, 2005.– 567с.: ил.	46
3.	Афанасьев В.Н. Математическая теория конструирования систем управления: Учеб. для вузов./ В.Н. Афанасьев, В.Б. Колмановский, В.Р. Носов. – М.: Высш. шк., 2003. -614с.	46
4.	Квакернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления. – М.: Мир. 1977. – 652с.	1
5.	Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации. – Спб.: Невский диалект, 2001. – 557с.	2
6.	Перельмутер В.М Пакеты расширения MATLAB. Control System Toolbox и Robust Control Toolbox –М: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. -224 с: ил.	5
2.2 Периодические издания		
1.	Автоматика и телемеханика	
2.	Известия Российской академии наук. Теория и системы управления	
3.	Промышленные АСУ и контроллеры	
2.3 Нормативно-технические издания		
1	ГОСТ 7.32-2017. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления	Консультант Плюс
2.4 Официальные издания		
1	Не предусмотрены	

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://eib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям

знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

6.2.2. Профессиональные базы данных

Не используются.

7. Описание материально-технической базы

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 3

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры с лицензионным программным обеспечением (локальная компьютерная сеть)	10	Оперативное управление	308а, к.Б

8. Фонд оценочных средств

В таблице 4 приведены контролируемые результаты обучения и виды контроля.

Таблица 4

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине	Вид контроля	
	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
Усвоенные знания		
3.1 знать методы и средства проведения научных исследований в области автоматизации и управления технологическими процессами, технологию разработки алгоритмического и программного обеспечения промышленных систем управления;	Собеседование, дискуссия	Доклад по творческому заданию
3.2 знать порядок представления результатов системного анализа и моделирования в виде рефератов;	Собеседование, дискуссия	Доклад по творческому заданию

Освоенные умения		
У.1 уметь выявлять, анализировать, формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской и педагогической деятельности, требующие углубленных профессиональных знаний; свободно ориентироваться в дискуссионных проблемах;	Собеседование, дискуссия	Доклад по творческому заданию
У.2 уметь представлять итоги научно-исследовательской деятельности в виде рефератов, в ходе проведения системного анализа и моделирования.	Собеседование, дискуссия	Доклад по творческому заданию
Приобретенные владения		
В.1 владеть методами современной теории управления; приемами работы с алгоритмами, реализованными в системах специализированной компьютерной математики типа MATLAB;	Собеседование, дискуссия	Доклад по творческому заданию
В.2 владеть приемами представления итогов научно-исследовательской деятельности в виде рефератов, в ходе проведения системного анализа и моделирования.	Собеседование, дискуссия	Доклад по творческому заданию

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Текущий контроль

Текущий контроль проводится в виде собеседования или (и) дискуссии с преподавателем, ведущим дисциплину.

Промежуточная аттестация

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимого с учетом результатов текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме устного выступления с докладом по теме творческого задания.

8.2. Шкалы оценивания результатов обучения:

Оценка результатов обучения по дисциплине «Основы современных систем управления» проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала и критерии оценки результатов обучения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений, аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты
<i>Незачтено</i>	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

Оценка	Критерии оценивания
	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки освоения дисциплины

10.1 Типовые теоретические вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Математические модели систем управления вход – выход.
2. Математические модели систем управления вход – состояние – выход.
3. Структурные свойства систем управления.
4. Синтез алгоритмов сложных структур систем управления. Проблемы взаимодействия подсистем.
5. Структура и особенности функционирования адаптивных систем управления.

10.2 Типовые творческие задания:

1. Проблемы управления систем с последствием в технологических процессах.
2. Проблемы реализации алгоритмов адаптации в системах управления технологических процессов нефтеперерабатывающих предприятий.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		