

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет компьютерных наук и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета КНИИТ

С.В. Миронов

«31»

08

2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ОПТИМАЛЬНОЕ И АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ

Направление подготовки бакалавриата
27.03.03 – Системный анализ и управление

Профиль подготовки бакалавриата
Системный анализ и исследование операций

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Тананко И.Е.	<i>Тананко</i>	31.08.21
Председатель НМК	Кондратова Ю.Н.	<i>Кондратова</i>	31.08.21
Заведующий кафедрой	Тананко И.Е.	<i>Тананко</i>	31.08.21
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Оптимальное и адаптивное управление системами» является изучение математических методов и средств оптимизации функционирования систем различной физической природы, которые позволят обучающимся успешно решать задачи разработки, планирования, исследования и эксплуатации систем автоматического и автоматизированного управления техническими объектами, технологическими линиями и автономными техническими системами.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Данная учебная дисциплина относится части, формируемой участниками образовательных отношений Блока Б.1 Дисциплины (модули), является дисциплиной по выбору и направлена на формирование у обучающихся профессиональных компетенций.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате изучения математических дисциплин и дисциплины «Теория автоматического управления».

Компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, могут быть использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-3. Способность проводить системный анализ на основе знаний моделей исследования операций и теории массового обслуживания, методов оптимизации и управления	ПК-3.1. Знает методы анализа стохастических систем, исследования операций, оптимизации, теории массового обслуживания и теории управления и способен их использовать в профессиональной деятельности. ПК-3.2. Умеет находить оптимальные решения, применяя математическое моделирование и различные математические методы. ПК-3.3. Владеет навыками решения задач системного анализа, оптимизации и управления системами с использованием математических моделей и методов	Знать методы оптимального управления системами. Уметь осуществлять постановку задач оптимального управления системами. Владеть навыками проверки эффективности разрабатываемых систем управления.
ПК-5. Способность описывать и документировать бизнес-процессы организационных систем и процессы функционирования технических систем, разрабатывать модели систем и процессов, оптимизировать работу систем	ПК-5.1. Знает основы проектирования систем и особенности управления сложными техническими и организационными системами, виды, методы, средства и технологию моделирования систем. ПК-5.2. Умеет разрабатывать математические и имитационные модели систем и процессов, оптимизировать работу систем. ПК-5.3. Владеет навыками описания и документирования бизнес-процессов организационных систем и процессов функционирования технических систем, выполнения всех этапов системного анализа.	Знать методы адаптивного управления системами. Уметь применять методы адаптивного управления системами. Владеть навыками описания и документирования процессов функционирования технических систем; технологией синтеза адаптивных систем управления.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Всего часов	Лекции	Лабораторные занятия				
						Общая трудоемкость	Из них - практ. подготовка			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
6 семестр										
1	Общие положения и постановка задачи оптимального управления	6	1-3	14	6	-	-	8	Опрос на 3 неделе	
2	Метод множителей Лагранжа	6	4-8	34	10	12	6	12	Проверка заданий	
3	Принцип максимума Понтрягина	6	9-12	30	8	10	6	12	Проверка заданий	
4	Синтез оптимальных систем управления	6	13-16	30	8	10	4	12	Контрольная работа №1 на 16-й неделе	
Промежуточная аттестация									Экзамен	
ИТОГО в 6-м семестре				144	32	32	16	44	36	
7 семестр										
5	Общие положения. Постановка задачи адаптивного управления	7	1-4	26	8	-	-	18	Опрос на 4 неделе	
6	Алгоритмы адаптивного управления	7	5-9	42	10	14	8	18	Проверка заданий	
7	Адаптивное управление с идентификатором	7	10-14	40	10	14	6	16	Проверка заданий Контрольная работа №2 на 14-й неделе	
Промежуточная аттестация									Зачет	
ИТОГО в 7-м семестре				108	28	28	14	52		
ВСЕГО				252	60	60	30	96	36	

Содержание дисциплины

1. *Общие положения и постановка задачи оптимального управления.*
Основные определения. Общая постановка задачи оптимального управления.

Примеры постановки задач оптимального управления. Классификация задач оптимального управления и их преобразования.

2. *Метод множителей Лагранжа.* Уравнения Эйлера. Уравнения Эйлера-Лагранжа. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с фиксированными концами. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с подвижными концами. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с нефиксированным временем.

3. *Принцип максимума Понтрягина.* Задача с закрепленными концами и фиксированным временем. Задача с подвижными концами и нефиксированным временем. Задача максимального быстродействия. Теорема об n интервалах. Вырожденные задачи. Особые задачи. Наблюдаемость линейных стационарных систем. Каноническая форма наблюдаемости. Принцип двойственности управляемости и наблюдаемости. Наблюдатели полного порядка. Наблюдатели пониженного порядка.

4. *Синтез оптимальных систем управления.* Метод фазовой плоскости синтеза оптимальной по быстродействию системы. Синтез оптимальной по интегральному квадратичному критерию нестационарной линейной системы управления. Синтез оптимальной по интегральному квадратичному критерию стационарной линейной системы управления. Синтез оптимального линейного регулятора выхода. Синтез оптимальной системы по критерию обобщенной системы. Метод прогонки решения задачи синтеза оптимальной линейной системы.

5. *Общие положения. Постановка задачи адаптивного управления.* Назначение адаптивных систем управления. Структура и типы адаптивных систем управления. Общая постановка задачи адаптивного управления. Общая характеристика методов синтеза адаптивных систем управления.

6. *Алгоритмы адаптивного управления.* Алгоритм адаптивного управления линейным объектом 1-го порядка. Адаптивное управление по состоянию линейным объектом. Адаптивное управление по выходу линейным объектом с единичным относительным порядком. Адаптивное управление по выходу линейным объектом с относительным порядком, превышающим единицу. Адаптивное управление по состоянию нелинейным объектом. Адаптивное управление и робастность.

7. *Адаптивное управление с идентификатором.* Идентификация и модель для получения оценки. Градиентный идентификатор. МНК-идентификатор. МНК-идентификатор с экспоненциальной потерей памяти. Выбор коэффициента потери памяти. Сравнительная характеристика различных методов получения оценки.

План лабораторных занятий

На лабораторных занятиях, включая практическую подготовку, студенты выполняют задания, приведенные в фонде оценочных средств.

№ занятия	Тема	Номер задания для решения в аудитории
1	2	3
	6 семестр	
1-6	Метод множителей Лагранжа	1, 2
7-11	Принцип максимума Понтрягина	3, 4
12-16	Синтез оптимальных систем управления	5, 6
	7 семестр	
1-7	Алгоритмы адаптивного управления	7, 8
8-14	Адаптивное управление с идентификатором	9, 10

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При проведении занятий используются формы визуализации материала – мультимедийные презентации, а также интерактивные формы проведения практических занятий – обсуждение и анализ задач, возникающих при построении, функционировании и оптимизации реальных технических и социально-экономических систем.

Для освоения дисциплины планируется использование следующих технологий: практический семинар – мастерская (создание условий для творческой деятельности участников), метод кейсов (анализ конкретных ситуаций), технология развития критического мышления через чтение и письмо. Представленные технологии обучения позволяют организовать самостоятельную деятельность обучающихся по освоению содержания дисциплины, включают обучающихся в проектную творческую и научно-исследовательскую деятельность, активизируют работу обучающихся с различными источниками информации, способствуют организации группового взаимодействия, развивают метапознавательную деятельность обучающихся (в частности, оценка собственных достижений, технологии самообразовательной деятельности и самоконтроля), используют контекстное обучение. Система диагностики текущего состояния учебного процесса включает контрольную работу и промежуточную аттестацию.

В рамках лабораторных занятий осуществляется практическая подготовка, предусматривающая участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью. Во время практической подготовки студенты решают практические задачи, связанные с применением информационных технологий и средств программирования для разработки приложений, относящихся к профессиональной деятельности.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, опреде-

ляется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 30% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более 50% аудиторных занятий.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, сопровождение тьюторами в образовательном пространстве; увеличивается время на самостоятельное освоение материала.

Основной формой организации учебного процесса является интегрированное обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов, т. е. все студенты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, благодаря чему легче адаптируются в социуме.

Используется сочетание разных форм и способов передачи учебной информации: вербальный, невербальный, с использованием средств визуализации информации (презентации) и сочетание разных способов отчетности (письменно, устно, с использованием электронных дистанционных технологий).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

В рамках самостоятельной работы студенты приобретают навыки самостоятельного решения определенных задач. Самостоятельная работа способствует более углубленному усвоению и закреплению материала, пробуждает интерес к научным исследованиям. Самостоятельная работа студента предусматривает изучение отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе.

Фонд оценочных средств дисциплины включает в себя задания для лабораторных занятий (практической подготовки), задания для самостоятельной работы, задания для контрольных работ, вопросы для проведения промежуточной аттестации в 6 семестре (экзамен) и в 7 семестре (зачет).

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
6	10	30		10	0	10	40	100
7	10	30		10	0	10	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

6-й семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 10 баллов.

Лабораторные занятия

Контроль выполнения лабораторных заданий в течение одного семестра – от 0 до 30 баллов.

Практические занятия

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа

Выполнение работы по самостоятельному обучению в течение семестра – от 0 до 10 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности

Контрольная работа – от 0 до 10 баллов.

Промежуточная аттестация – экзамен – от 0 до 40 баллов

При определении разброса баллов при аттестации преподаватель может воспользоваться следующим примером ранжирования:

- 31-40 баллов – ответ на «отлично»
- 21-30 баллов – ответ на «хорошо»
- 11-20 баллов – ответ на «удовлетворительно»
- 0-10 баллов – неудовлетворительный ответ.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 6-й семестр по дисциплине «Оптимальное и адаптивное управление системами» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1 Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Оптимальное и адаптивное управление системами» в оценку (экзамен):

меньше 60 баллов	«неудовлетворительно»
от 60 до 75 баллов	«удовлетворительно»
от 76 до 85 баллов	«хорошо»
более 85 баллов	«отлично»

7-й семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 10 баллов.

Лабораторные занятия

Контроль выполнения лабораторных заданий в течение одного семестра – от 0 до 30 баллов.

Практические занятия

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа

Выполнение работы по самостоятельному обучению в течение семестра – от 0 до 10 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности

Контрольная работа – от 0 до 10 баллов.

Промежуточная аттестация – зачет – от 0 до 40 баллов

При определении разброса баллов при аттестации преподаватель может воспользоваться следующим примером ранжирования:

- 31-40 баллов – ответ на «отлично» / «зачтено»
- 21-30 баллов – ответ на «хорошо» / «зачтено»
- 11-20 баллов – ответ на «удовлетворительно» / «зачтено»
- 0-10 баллов – неудовлетворительный ответ / «не зачтено»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7-й семестр по дисциплине «Оптимальное и адаптивное управление системами» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2 Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Оптимальное и адаптивное управление системами» в оценку (зачет):

меньше 60 баллов	«не зачтено»
60 и более баллов	«зачтено»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) литература:

1. *Сеславин, А. И.* Теория автоматического управления. Линейные, непрерывные системы : учебник / А.И. Сеславин. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 314 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – DOI 10.12737/1014654. – ISBN 978-5-16-015022-2. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1014654>.

2. *Васильков, Ю. В.* Математическое моделирование объектов и систем автоматического управления: учебное пособие / Ю. В. Васильков, Н. Н. Василькова. - Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 428 с. : ил., табл. – ISBN 978-5-9729-0386-3. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1167744>.

3. *Еремин, Е. Л.* Системы автоматического управления: Лабораторный практикум (MatLab-Simulink) : учебное пособие / Е. Л. Еремин, И. Е. Еремин. – Благовещенск : АмГУ, 2017. – 99 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/156446>.

б) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Лицензионное программное обеспечение: Microsoft Windows 7/Vista/8/8.1/10.

Свободное программное обеспечение: OpenOffice или LibreOffice, Lazarus, Spyder.

Интернет-ресурсы не используются.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория с мультимедийным оборудованием.

Для проведения лабораторных занятий, включая практическую подготовку, необходим компьютерный класс факультета с установленным соответствующим программным обеспечением и доступом в Internet.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО для направления 27.03.03 «Системный анализ и управление», профиль «Системный анализ и исследование операций».

Автор: заведующий кафедрой системного анализа и автоматического управления, к.ф.-м.н., доцент И. Е. Тананко

Программа одобрена на заседании кафедры системного анализа и автоматического управления от 31 августа 2021 года, протокол № 1.