

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

« 23 » апрель 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Оптимальные системы управления
(наименование дисциплины, модуля)

направление подготовки (специальность):

27.04.04 – Управление в технических системах
(шифр и наименование направления бакалавриата, магистра, специальности)

Направленность программы (профиль, специализация):

27.04.04-01 – Управление в технических системах (промышленность)
(наименование образовательной программы (профиль, специализация))

Квалификация

магистр
(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения

очная
(очная, заочная и др.)

Институт: Информационных технологий и управляющих систем


Кафедра: Техническая кибернетика

Белгород – 2015


Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 27.04.04 Управление в технических системах (уровень магистратуры), приказ Минобрнауки России от 30 октября 2014 г. № 1414

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году по направлению подготовки 27.04.04 Управление в технических системах (магистратура).

Составитель (составители): д.т.н., проф.  (В.Г. Рубанов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
Техническая кибернетика
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.Г. Рубанов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 25 » февраля 2015 г.

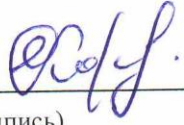
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 13 » марта 2015 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.Г. Рубанов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 14 » апреля 2015 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доц.  (Ю.И. Солопов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ПК-3	Способность применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: основные принципы и методы теории автоматических систем адаптивного управления</p> <p>Уметь: использовать методы адаптивного управления при разработке регуляторов (контроллеров), позволяющих осуществить управление с заданным качеством в технических системах, функционирующих в условиях неполной информации о текущем состоянии объекта и воздействиях внешней среды</p> <p>Владеть: приемами применения алгоритмического и программного обеспечения программно-технических комплексов, позволяющими управлять сложными динамическими процессами.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Теория матриц
2	Метод пространства состояний в теории управления

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Научно-исследовательская работа по направлению
2	Теория и практика научных исследований

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единицы, 144 часа.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №1	
		Всего часов	В неделю
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144	
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	34	34	

лекции	17	17	1
лабораторные	-	-	
практические	17	17	1
семинары			
УИРС			
Консультации			
Самостоятельная работа студентов	110	110	
Курсовой проект	К .р.	К. р.	
Расчетно-графические задания			
Контрольные работы			
Рефераты			
Другие виды самостоятельной работы			
Вид контроля (зачет, экзамен)	Э	Э	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 1 Семестр 2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Экстремальные задачи оптимального управления					
	Постановка задачи оптимального управления. Понятие о критериях оптимальности. Виды ограничений. Виды функционалов качества. Классификация вариационных задач управления. Задачи Лагранжа, Больца, Майера. Условия трансверсальности в задачах оптимального управления с подвижными концами	4	2		12
2. Классические методы оптимизации					
	Решение задачи оптимизации с помощью вариационного исчисления. Задачи на условный экстремум. Синтез оптимального регулятора методом вариационного исчисления для системы управления частотой вращения ДПТ	2	4		20
3. Принцип максимума Понтрягина					
	Геометрическая интерпретация принципа максимума. Методика решения задачи оптимизации с использованием принципа максимума. Синтез оптимального управления по быстродействию для объекта второго порядка с передаточной функцией, имеющей действительные корни. Оптимальная траектория на фазовой плоскости, оптимальная структура системы. Системы с нейтральной линейной частью. Уравнения движения и допустимые воздействия . Фазовый портрет . Структура управляющего устройства. Система с неустойчивым объектом.	6	5		32

4. Метод динамического программирования Беллмана					
	Принцип оптимальности Беллмана. Математическая трактовка принципа. Функциональное уравнение Беллмана	2	2		14
5. Прикладные задачи оптимального управления					
	Синтез оптимальной структуры системы управления с объектом, описываемом передаточной функцией консервативного звена (системы с линейной частью из двух интегрирующих звеньев). Фазовый портрет оптимальной системы. Структура системы. Системы с запаздыванием. Пример системы (следающая системы	3	6		32
	ВСЕГО	17	17		110

Примечание: в колонку «самостоятельная работа» входят подготовка к лекционным, практическим, лабораторным занятиям.

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Курс 1 Семестр №2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
1	Экстремальные задачи оптимального управления	Критерии. Ограничения. Типы задач: Лагранжа, Больца, Майера. Трансверсальность.	2	2
2	Классические методы оптимизации	Синтез оптимального регулятора частоты вращения ДПТ с независимым возбуждением и управлением со стороны якоря методом вариационного исчисления	2	2
3	Принцип максимума Понтрягина	Решение задач оптимизации для объектов управления второго порядка с применением методики принципа максимума	5	6
4	Метод динамического программирования	Решение задач о выборе кратчайшего пути с применением методики принципа программирования	2	2
5	Прикладные задачи оптимального управления	Системы с неустойчивым объектом и неустойчивой линейной частью. Системы с запаздыванием.	4	8
6	Обобщение задач оптимизации	Итоговое занятие с проведением коллоквиума	2	4
ИТОГО:			17	24
ВСЕГО:			17	24

4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные работы не предусмотрены

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Экстремальные задачи управления	<ol style="list-style-type: none"> 1. С помощью каких переменных можно характеризовать состояние объекта управления? 2. Что такое допустимое управление? 3. Какая точка на фазовой траектории называется достижимой? 4. Что собой представляет функция цели? 5. В какой форме представляется функционального качества? 6. Какие виды функционалов качества вы знаете? 7. Чем отличаются задачи Лагранжа, Больца и Майера? 8. В чем состоят условия трансверсальности?
2	Классические методы оптимизации	<ol style="list-style-type: none"> 9. Изложите особенности задачи на условный экстремум? 10. Какое уравнение называется уравнением связи? 11. Как задача на условный экстремум сводится к задаче на безусловный экстремум? 12. Приведите уравнение Эйлера-Лагранжа и объясните какие неизвестные функции определяются в результате их решения?
3	Принцип максимума Понтрягина	<ol style="list-style-type: none"> 13. Изложите общую постановку задачи оптимизации и дайте её геометрическую трактовку. 14. Изложите методику решения задачи оптимизации методом Понтрягина. 15. Дайте геометрическую интерпретацию принципа максимума в задаче о быстродействии. 16. Проиллюстрируйте на примере применение принципа максимума. 17. Сформулируйте теорему об n-интервалах.
4	Метод динамического программирования Беллмана	<ol style="list-style-type: none"> 18. В чем состоит принцип оптимальности Беллмана? 19. Дайте математическую трактовку принципа оптимальности Беллмана. 20. Запишите функциональное уравнение Беллмана.
5	Прикладные задачи оптимального управления	<ol style="list-style-type: none"> 21. Приведите примеры постановки прикладных задач оптимального управления. 22. Как определяется линия переключения на фазовой плоскости? 23. В чем особенность задачи об оптимальном управлении объектом, представляющим консервативное звено? 24. В чем особенность оптимального фазового портрета системы с запаздыванием? 25. Изложите методику решения задачи об оптимальном управлении посадкой аппарата на Луну.

5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем

Примерный перечень тем курсовых проектов:

1. Оптимальная система регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока.

2. Оптимальная система стабилизации напряжения генератора постоянного тока.
3. Оптимальная система управления стабилизации температурой печи.
4. Оптимальная система управления зарядкой конденсатора.
5. Оптимальная система управления мягкой посадкой на Луну.
6. Оптимальная система управления транспортным роботом.

Целью выполнения курсового проекта является получение навыков проектирования оптимальных систем автоматического управления различных объектов и закрепление теоретических знаний, полученных при изучении лекции и на практических занятиях при решении задач.

Для данного объекта управления строится математическая модель объекта управления, синтезируется оптимальный закон управления, разрабатывается структура оптимального устройства управления и в целом системы управления, исследуется динамика синтезированной системы.

При этом следует иметь в виду, что каждая из тем курсового проекта предполагает различные варианты в подходе и реализации принципиальной схемы системы. Кроме того, для заданного способа реализации принципиальной схемы система предусматривается множества вариантов, ограничивающих свойства объекта управления, что в комплексе делает задание исключительно индивидуальным.

Краткое содержание и объем курсовой работы

Расчетно-пояснительная записка к курсовой работе объемом 25–30 страниц машинописного текста, выполненного с соблюдением требований ЕСКД как к текстовой части, так и к графическому исполнению. Она должна включать следующие разделы:

1. Введение (отражается актуальность построения и применения систем данного класса и назначения, критериев оптимизации).
2. Аналитическое решение задачи синтеза оптимального управления. Построение фазовых портретов оптимальной системы
3. Разработка структурной схемы оптимального управляющего устройства и системы .
4. Анализ динамики оптимальной системы с использованием математических моделей оптимальной системы и средств Matlab.
5. Выводы.
6. Список литературы (в соответствии с требованиями ЕСКД).
7. Оглавление.

5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

Выполнение индивидуальных домашних заданий и расчетно-графических заданий не предусмотрено учебным планом дисциплины.

5.4. Перечень контрольных работ

Выполнение контрольных работ не предусмотрено учебным планом дисциплины.

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

1. Рубанов В.Г. Теория нелинейных систем автоматического управления. Учебное пособие. Белгород, изд-во БГТУ, 2015.
2. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 4, Теория автоматизации систем автоматического управления. М., изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008.

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Пантелеев А.В., Бортаковский А.С., Летова Т.А. Оптимальное управление в примерах и задачах. М: Издательство МАИ, 1996.
2. Васильев О.В., Аргучинцев А.В. Методы оптимизации в задачах и упражнениях, 1999.
3. Ariyur, K.V. and M. Krstic, 2003. Real-Time Optimization by Extremum-Seeking Control. USA, John Wiley & Sons Ins., pp: 230
4. Betts J.T. Practical methods for optimal control and estimation using nonlinear programming, 2010 / SIAM ISBN10/ISBN13 : 0898716888/9780898716887 Pages :449
5. Матвеев А.С., Якубович В.А. Оптимальные системы управления: обыкновенные дифференциальные управления. Специальные задачи. Спб., Издательство СПбГУ, 2003.
6. Ванько В.И, Ермошина О.В., Кувыргин Г.Н. Вариационное исчисление и оптимальное управление. М: Издательство МГТУ им Н.Э. Баумана, 2006.
7. Галеев Э.М. Оптимизация. Теория. Примеры. Задачи. М: URSS, 2006.
8. Павлов А.А. Синтез релейных систем, оптимальных по быстродействию. –М., Наука, 1966.
9. Брайсон А., Хью-Ши. Прикладная теория оптимального управления. –М., Мир, 1972.

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Авторские руководства по продуктам MathWorks [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru>
2. Н. В. Клиначёв. Теория систем автоматического регулирования. Учебно-методический комплекс [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://model.exponenta.ru>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. АВК 6

2. АВК 31

3. ПЭВМ

4. Программные средства MATCAD, MATLAB.

5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Специализированная лаборатория «Теория автоматического управления»;


2. Специализированная лаборатория «Моделирование систем автоматического управления»;

3. Компьютерный класс.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2016/2017 учебный год.
Протокол № 10 заседания кафедры от «16» 05 2016г.

Заведующий кафедрой _____  Рубанов В.Г.
подпись, ФИО

Директор института _____  Белоусов А.В.
подпись, ФИО

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений


Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.
Протокол № 11 заседания кафедры от «15» 05 2017г.

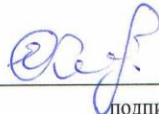
Заведующий кафедрой _____ Рубанов В.Г.
подпись, ФИО

Директор института _____ Белоусов А.В.
подпись, ФИО

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.
Протокол № 13 заседания кафедры от «01» 06 2018г.

Заведующий кафедрой  Рубанов В.Г.
подпись, ФИО

Директор института  Белоусов А.В.
подпись, ФИО