

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

« 11 » 12 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Оптимальные системы управления
(наименование дисциплины, модуля)

направление подготовки (специальность):

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

Направленность программы (профиль, специализация):

27.03.04 – Управление в технических системах
(наименование образовательной программы (профиль, специализация))

Квалификация

бакалавр

(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения

очная

(очная, заочная и др.)

Институт: Информационных технологий и управляющих систем


Кафедра: Техническая кибернетика

Белгород – 2015

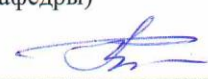
Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 27.03.04 Управление в технических системах (бакалавриат), приказ Минобрнауки России от 20 октября 2015 г. № 1171

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах (бакалавриат).

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)

« 11 » 12 2015 г.

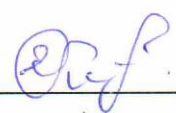
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 11 » 12 2015 г., протокол № 4

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 11 » 12 2015 г., протокол № 4

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-2	Способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: методы оптимизации динамических систем, критерии оптимизации, подходы к решению задач оптимизации</p> <p>Уметь: применять методику синтеза оптимальных алгоритмов к решению задач оптимизации систем второго порядка</p> <p>Владеть: методологией оптимизации динамических систем и реализацией оптимальных алгоритмов управления на структурном уровне</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математический анализ
2	Алгебра и аналитическая геометрия
3	Математические основы теории управления
4	Математические модели элементов и систем управления
5	Численные методы и оптимизация
6	Вычислительная математика
7	Теория автоматического управления

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Робототехнические системы
2	Проектирование систем управления
3	Научно-исследовательская работа по направлению

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №7	
		Всего часов	В неделю
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144	
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	51	51	
лекции	34	34	2
лабораторные			
практические	17	17	1
семинары			
УИРС			
Консультации			
Самостоятельная работа студентов	93	93	
Курсовой проект			
Расчетно-графические задания			
Контрольные работы			
Рефераты			
Другие виды самостоятельной работы			
Вид контроля (зачет, экзамен)	36	36	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4 Семестр 7

№ 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		8
2. Классические методы оптимизации					
	Решение задачи оптимизации с помощью вариационного исчисления. Задачи на условный экстремум. Синтез оптимального управления методом вариационного исчисления	4	2		10
3. Принцип максимума Понтрягина					
	Математическое содержание принципа максимума. Геометрическая трактовка принципа максимума. Понятие об игольчатой вариации. Методика решения	8	4		18

	задачи оптимизации с использованием принципа максимума. Синтез оптимального управления по быстродействию (задача об успокоении материальной точки). Задача об успокоении маятника (оптимальное управление, оптимальная траектория)				
4. Метод динамического программирования Беллмана					
	Принцип оптимальности Беллмана. Математическая трактовка принципа. Функциональное уравнение Беллмана	4	2		18
5. Прикладные задачи оптимального управления					
	Задача Чаплыгина как задача оптимального управления. Задача об оптимальном управлении зарядной конденсатора. Задача о мягкой посадке космического аппарата на Луну. Задача о максимизации скорости ракеты в конце участка выведения ее на прямолинейную траекторию	6	4		16
6. Обобщения задач оптимизации					
	Оптимальные процессы в линейной системе при ограниченной энергии. Оптимальный процесс при двух управляющих функциях. Оптимальные процессы при ограничениях температуры нагрева. Оптимальные процессы в следящих системах с ограничениями мощности, скорости, тока.	8	3		23
	ВСЕГО	34	17		93

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

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Курс 4 Семестр №7

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
1	Экстремальные задачи оптимального управления	Критерии. Ограничения. Типы задач: Лагранжа, Больца, Майера. Трансверсальность.	2	3
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	4	4
4	Метод динамического программирования	Решение задач о выборе кратчайшего пути с применением методики принципа программирования	2	4
5	Прикладные задачи оптимального управления	Системы с неустойчивым объектом и неустойчивой линейной частью. Системы с запаздыванием.	4	10
6	Обобщение задач оптимизации	Задачи с ограничениями и энергетическими критериями эффективности	3	6
ИТОГО:			17	29
ВСЕГО:			17	29

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 функция 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 управление называется управлением 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	<ol style="list-style-type: none"> 13. Изложите общую постановку задачи оптимизации и задайте

	Понтрягина	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	18. В чем состоит принцип оптимальности Беллмана? 19. Дайте математическую трактовку принципа оптимальности Беллмана. 20. Запишите функциональное уравнение Беллмана.
5	Прикладные задачи оптимального управления	21. Приведите примеры постановки прикладных задач оптимального управления. 22. Как определяется линия переключения на фазовой плоскости? 23. В чем особенность задачи об оптимальном замедлении маятника? 24. В какой форме выбирается функционал при решении задачи об оптимальной зарядке конденсатора? 25. Изложите методику решения задачи об оптимальном управлении посадкой аппарата на Луну.
6	Обобщения задач оптимизации	26. Как задаются функционалы качества при решении задач оптимизации по энергетическим показателям? 27. В чем особенность решения задачи оптимизации с двумя управляющими функциями?

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

Выполнение курсовых работ и курсовых проектов не предусмотрено учебным планом дисциплины.

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 СпГУ, 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.

6.3. Перечень интернет ресурсов

<http://www.elibrary.ru>- Научная электронная библиотека

<http://www.gpntb.ru/>- Государственная публичная научно-техническая библиотека России

<http://elibrary.bmstu.ru> – Библиотека МГТУ им. Н.Баумана

<http://www.ntb.bstu.ru> и переход к системе NormaCS - Электронно-библиотечная система БГТУ им В.Г.Шухова

<http://elib.spbstu.ru/dl/2/4830.pdf/info-> Электронная библиотека СПбПУ.
Системы оптимального управления: конспект лекций

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

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.
Протокол № 12 заседания кафедры от « 17 » 05 2019 г.

Заведующий кафедрой _____


подпись, ФИО

Директор института _____


подпись, ФИО

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

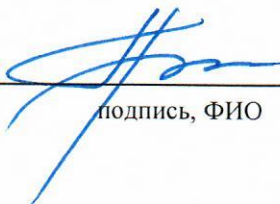
Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.
Протокол № 10 заседания кафедры от «28» 05 2020г.

Заведующий кафедрой _____



подпись, ФИО

Директор института _____



подпись, ФИО