

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 » _____ 201__ г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Оптимальные системы управления
(наименование дисциплины, модуля)

направление подготовки (специальность):

15.04.04 – Автоматизация технологических процессов и производств
(шифр и наименование направления бакалавриата, магистра, специальности)

Направленность программы (профиль, специализация):

15.04.04–01 – Автоматизация технологических процессов и производств
(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


Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств (уровень магистратуры), приказ Минобрнауки России от 21 ноября 2014 г. № 1484

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году по направлению подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств (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)

« 11 » марта 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-15	Способность разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать качество выпускаемой продукции, производственных и технологических процессов, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики испытаний и управления, проводить анализ, синтез и оптимизацию процессов автоматизации, управления производством, жизненным циклом продукции и её качеством на основе программно-ориентированных методов.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: технику и технологию решения задач оптимизации</p> <p>Уметь: систематизировать информацию по решению задач оптимизации и использовать методы оптимизации, разработанные отечественными и зарубежными учеными</p> <p>Владеть: навыками систематизации научно-технической информации в области оптимизации систем автоматизации, критической оценки и разработки технической документации по разработке, а также разработки экспериментальных методов систем оптимального управления с применением компьютерного моделирования и составления отчетов по проведенным исследованиям</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
3	Алгоритмизация технологического процесса
4	Хаотическая динамика импульсных систем

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Системы автоматизированного проектирования
2	SCADA-технологии
3	Проектирование систем управления, контроля и диагностики
4	Научно-исследовательская работа по направлению
5	Методология проектно-конструкторских работ

6	Теория и практика научных исследований
---	--

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единицы, 180 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №3	
		Всего часов	В неделю
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180	
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	68	68	
лекции	17	17	1
лабораторные	17	17	1
практические	34	34	2
семинары			
УИРС			
Консультации			
Самостоятельная работа студентов	112	112	
Курсовой проект			
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 2 Семестр 3

№ 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	4		12
2. Классические методы оптимизации					

	Решение задачи оптимизации с помощью вариационного исчисления. Задачи на условный экстремум. Синтез оптимального управления методом вариационного исчисления	2	4	4	14
3. Принцип максимума Понтрягина					
	Математическое содержание принципа максимума. Геометрическая трактовка принципа максимума. Понятие об игольчатой вариации. Методика решения задачи оптимизации с использованием принципа максимума. Синтез оптимального управления по быстродействию (задача об успокоении материальной точки). Задача об успокоении маятника (оптимальное управление, оптимальная траектория)	6	8	8	32
4. Метод динамического программирования Беллмана					
	Принцип оптимальности Беллмана. Математическая трактовка принципа. Функциональное уравнение Беллмана	2	4		22
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	3	14	5	32
	ВСЕГО	17	34	17	112

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

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Курс 2 Семестр №3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 3				
1	Экстремальные задачи оптимального управления	Критерии. Ограничения. Типы задач: Лагранжа, Больца, Майера. Трансверсальность.	4	4
2	Классические методы оптимизации	Синтез оптимального регулятора частоты вращения ДПТ с независимым возбуждением и управлением со стороны якоря методом вариационного исчисления	4	4
3	Принцип максимума Понтрягина	Решение задач оптимизации для объектов управления второго порядка с применением методики принципа максимума	8	6
4	Метод динамического программирования	Решение задач о выборе кратчайшего пути с применением методики принципа программирования	4	2
5	Прикладные задачи оптимального управления	Системы с неустойчивым объектом и неустойчивой линейной частью. Системы с запаздыванием.	8	8
6	Обобщение задач оптимизации	Задачи с ограничениями и энергетическими критериями эффективности	6	6
ИТОГО:			34	50
ВСЕГО:			34	50

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 3				
1	Экстремальные задачи оптимального управления. Классические методы оптимизации.	Исследование оптимальной системы частоты вращения ДПТ с независимым возбуждением и управлением со стороны якоря	2	2
2	Принцип максимума Понтрягина	Моделирование системы оптимизации успокоения маятника. Задача об успокоении материальной точки	6	6
3	Метод динамического программирования	Моделирование задачи о коммивояжере	2	4
4	Прикладные задачи оптимального управления	Моделирование задач оптимизации (зарядка конденсатора, мягкая посадка аппарата на Луну, максимизация скорости в конце разгона).	4	10
5	Обобщение задач оптимизации	исследование следящих систем, оптимальных по скорости, с ограничением по мощности	3	8
ИТОГО:			17	30
ВСЕГО:			17	30

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 Понтрягина	<ol style="list-style-type: none"> 13. Изложите общую постановку задачи оптимизации и задайте 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 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	<ol style="list-style-type: none"> 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., Бортакровский 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.B. 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.

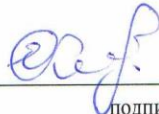
Заведующий кафедрой _____  _____ Рубанов В.Г.
подпись, ФИО

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