

срТФ
6999

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор -
проректор по образовательной
деятельности

В.А. Бородавкин

2020



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Управление при наличии неопределенностей

Направление/специальность подготовки	Для всех направлений и специальностей подготовки
Специализация/профиль/ программа подготовки	Для всех профилей, специализаций и программ подготовки
Квалификация (уровень) выпускника	Бакалавр/специалист/ магистр
Форма обучения	Очная/заочная
Факультет	Все факультеты
Выпускающая кафедра	Все кафедры
Кафедра-разработчик рабочей программы	A5 Динамика и управление полетом летательных аппаратов

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (ПО НАЛИЧИЮ ВИДОВ ЗАНЯТИЙ)												ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ	
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ						САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА						
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	АУДИТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ		ДРУГИЕ ВИДЫ ЗАНЯТИЙ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	РАСЧЕТНО-ГРАФ. РАБОТА	РЕФЕРАТ		ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ
4/5/ 6	8/9/10/ 11	3	108	34	17	-	17	-							-	

Начальник отдела основных образовательных программ
Т. Русина А.А. /
« 31 » 2020

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО) ПО ВСЕМ НАПРАВЛЕНИЯМ И СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ ПОДГОТОВКИ, РЕАЛИЗУЕМЫМ В БГТУ «ВОЕНМЕХ» ИМ. Д.Ф. УСТИНОВА.

Программу составили:

Кафедра **А5 «Динамика и управление полетом летательных аппаратов»**

Толпегин О.А., заведующий кафедрой, д.т.н., профессор
(Ф.И.О., должность, уч. степень, уч. звание)


(подпись)

Эксперт(ы):

(Представители работодателей,
Внешние эксперты)

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы

**А5 «Динамика и управление полетом
летательных аппаратов»**

«31» 01 2020 г. Заведующий кафедрой О.А. Толпегин, д.т.н., профессор
(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание)


(подпись)

Рабочая программа одобрена
на заседании Учебно-методического совета БГТУ «ВОЕНМЕХ» им.Д.Ф. Устинова
протокол № _____

«31» 01 2020 г. Председатель Учебно-методического совета
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им.Д.Ф. Устинова

(Ф.И.О., уч. Степень, уч. звание)

(подпись)

Учебная дисциплина обеспечена основной литературой

«31» 01 2020 г. Директор библиотеки БГТУ Н.В. Сесина
(Ф.И.О., уч. Степень, уч. звание)


(подпись)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Управление при наличии неопределенностей

Разделы рабочей программы

Разделы рабочей программы

1. Цели освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.....	5
3. Структура и содержание дисциплины.....	6
4. Формы контроля освоения дисциплины.....	9
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	10
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	11

Приложения к рабочей программе дисциплины

Приложение 1. Аннотация рабочей программы.....	12
Приложение 2. Технологии и формы преподавания	13
Приложение 3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.....	15
Приложение 4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	17
Приложение 5. Фонды оценочных средств	20
Приложение 6. Справка о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова учебной литературы	23

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование Универсальных компетенций (УК), закрепленных во всех ФГОС ВО, реализуемых в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, относящихся к группе «Системное и критическое мышление», а именно **УК-1**: «Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач» на пороговом уровне.

Задача дисциплины – научить методам теории оптимального управления и дифференциальных игр для исследования на их основе задач управления ракетной и космической техникой и синтеза оптимальных динамических систем.

Формирование указанных компетенций служит достижению следующих результатов образования:

знания:

на уровне представлений знать

– методы теории дифференциальных игр и области их применения ;

на уровне воспроизведения и понимания знать:

- методы оптимального управления ;

умения:

теоретически и практически *уметь*

– разрабатывать математические модели процессов управления движением и объектов, методы их исследования ,

- выполнять сравнительный анализ математических моделей, т.е. ставить задачи управления движением на основе методов оптимального управления и теории дифференциальных игр,

- использовать основные методы теории оптимального управления и дифференциальных игр,

- выбирать методы для решения поставленных оптимальных задач;

- самостоятельно проводить математическое моделирование поставленных оптимальных задач для космической и ракетной техники с использованием современных программных продуктов и информационных технологий.

иметь навыки и владеть

– способами формализации интеллектуальных задач управления ;

- разрабатывать алгоритмы и программы на языках высокого уровня для численного решения поставленных задач;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Управление при наличии неопределенностей» является факультативной дисциплиной.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Методы оптимального управления ЛА и КЛА», материал данной дисциплины связан с содержанием дисциплин по программированию и информационным технологиям и служит основой для дисциплин «Динамика космических аппаратов», «Экспериментальная баллистика», «Научно-исследовательская работа», «Учебная научная работа студентов» (УНИРС), а также для выполнения Выпускной квалификационной работы.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

для обучающихся по программам бакалавриата -

Универсальные компетенции (УК), закрепленные во всех ФГОС ВО, реализуемых в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, относящихся к группе «Самоорганизация и саморазвитие», а именно УК-6: «Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни»;

для обучающихся по программам специалитета -

Универсальные компетенции (УК), закрепленные во всех ФГОС ВО, реализуемых в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, относящихся к группе «Самоорганизация и саморазвитие», а именно УК-6: «Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни»;

для обучающихся по программам магистратуры -

Универсальные компетенции (УК), закрепленные во всех ФГОС ВО, реализуемых в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, относящихся к группе «Самоорганизация и саморазвитие», а именно УК-6: «Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки».

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

(с распределением общего бюджета времени в часах)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	НОМЕРА РАЗДЕЛОВ	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ	ВСЕГО	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ В КОНТАКТНОЙ ФОРМЕ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ	ФОРМИРУЕМАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ
					ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	АУДИТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ (ПРАК-ЗАН.)	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ		
4/5 /6	8/9 /10 /11	1	Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр 1.1. Постановка антагонистической дифференциальной игры. Классификация дифференциальных игр 1.2 Стратегии игроков. Выбор оптимальных стратегий 1.3 Методы решения дифференциальных игр.	12	2	2	-	-	10	15%
4/5 /6	8/9 /10 /11	2	Раздел 2 Области достижимости беспилотных летательных аппаратов 2.1. Общая характеристика областей достижимости и их применение 2.2 Методы расчета областей достижимости. 2.3 Область достижимости для исследования движения крена 2.4 Области достижимости летательного аппарата с постоянным ограничением на аэродинамическое управление.	22	6	2	4	-	16	20%
4/5 /6	8/9 /10 /11	3	Раздел 3 Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости 4.1 Необходимые условия оптимальности в форме, аналогичной принципу максимума Л.С. Понтрягина 4.2 Синтез системы наведения по лучу на маневрирующую цель 4.3 Метод экстремального прицеливания Н.Н Красовского	22	8	4	4	-	14	25%
4/5 /6	8/9 /10 /11	4	Раздел 4 Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости 4.1 Бескоалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с группой целей 4.2 Коалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с целью	26	8	4	4	-	18	20%

4/5 /6	8/9 /10 /11	5	Раздел 5 Информационная игровая задача сближения-уклонения 5.1 Постановка задачи и метод решения 5.2 Минимаксная фильтрация параметров движения спускаемого летательного аппарата с использованием нелинейной модели движения 5.3 Конфликтная задача сближения-уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели	26	10	5	5	-	16	20%
			ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	108	34	17	17	-	74	100 %

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2 Области достижимости беспилотных летательных аппаратов	2.1 Область достижимости для исследования движения крена. 2.2 Области достижимости летательного аппарата с постоянным ограничением на аэродинамическое управление.	4
2	Раздел 3 Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости	3.1 Синтез системы наведения по лучу на маневрирующую цель 3.2 Оптимальное преследование цели в гравитационном поле Выполнение КР № 1 – Записать необходимые условия оптимальности для антагонистической дифференциальной игры на основе принципа максимума Л.С. Понтрягина.	4
3	Раздел 4 Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости	4.1 Оптимальное управление линейной системой при наличии возмущений на основе метода экстремального прицеливания. 4.2 Конфликтная задача сближения в горизонтальной плоскости.	4
4	Раздел 5 Информационная игровая задача сближения-уклонения	5.1 Область достижимости с учетом ошибок измерений. 5.2 Конфликтная задача сближения-уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели	5
Итого:			17

3.3. Лабораторный практикум.

Лабораторный практикум рабочей программой дисциплины не предусмотрен.

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

Номер и наименование раздела дисциплины	СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ЗАДАНИЯ	Время (час) СРС
Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	10
Раздел 2 Области достижимости беспилотных летательных аппаратов	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	16
Раздел 3 Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	14
Раздел 4 Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	18
Раздел 5 Информационная игровая задача сближения-уклонения	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	16
	Всего:	74

Варианты контрольной работы № 1 представлены в Приложении 4.

Контрольные вопросы по разделам, входящим в программу дисциплины представлены в Приложении 4, тестовые задания приведены в Приложении 5.

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ГРАФИК КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8/9/10 /11										КР № 1							Зач.

Условные обозначения:

- КР – контрольная работа;

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- написание контрольной работы;
- отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность), написание контрольной работы.

Рубежная аттестация производится по итогам половины семестра в следующих формах:

- написание контрольной работы.

Промежуточный контроль по результатам семестра по дисциплине согласно учебному плану конкретного направления проходит в форме зачета (включает в себя ответы на теоретические вопросы и решение задач).

Фонды оценочных средств, включающие типовые варианты контрольной работы, контрольные вопросы для подготовки к зачету и методы контроля, позволяющие оценить результаты образования по данной дисциплине, включены в состав УМК дисциплины и перечислены в Приложении 5.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература:

1. Шалыгин, Аркадий Сергеевич. Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов [Текст] : [справочник] / А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин ; ред.: А. В. Ноздрачев, Л. Н. Лысенко ; Рос. акад. ракетн. и артиллер. наук. - М. : Машиностроение, 2012. - 583 с. : граф., схемы, табл. - (Справочная библиотека разработчика-исследователя) (Вооружение и военная техника ; [Т.] 11). - Библиогр.: с. 573-578. - Дополнит. титульн. лист, аннот. на англ. яз. - Осн. сокращ.: с. 10-11. - ISBN 978-5-94275-668-0 - 50 экз.
- Шалыгин, Аркадий Сергеевич. Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. - Электрон. текстовые дан. - М. : Машиностроение, 2012. - 584 с. - (ЭБС Лань). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации
Режим доступа: <https://c.lanbook.com/book/5807>. - 20190620.
2. Толпегин, Олег Александрович. Области достижимости летательных аппаратов [Текст] : учебное пособие [для вузов] / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб. : [б. и.], 2013. - 141 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 139-140. - ISBN 978-5-85546-730-7 - 70 экз.
- Толпегин, Олег Александрович. Области достижимости летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2013. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации
[\\lib_server\elres\elr01988.pdf](#). - Библиогр.: с. 139-140. - ISBN 978-5-85546-730-7

5.2. Дополнительная литература:

3. Толпегин, Олег Александрович. Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов [Текст] / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2009. - 244 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 240-242. - ISBN 978-5-85546-431-3 - 10 экз.
- Толпегин, Олег Александрович. Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2009. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 240-242. - ISBN 978-5-85546-431-3
4. Толпегин, Олег Александрович. Математическое программирование. Вариационное исчисление [Текст] : тексты лекций / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2003. - 203 с. : ил., граф., табл. - Библиогр.: с. 201. - 164 экз.
- Толпегин, Олег Александрович. Математическое программирование. Вариационное исчисление [Электронный ресурс] : тексты лекций / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2003. - 1 эл. жестк. диск : ил., граф., табл. - Электрон. версия печ. публикации [c:\elresfobib\elr00084.pdf](#). - Библиогр.: с. 201.
5. Толпегин, Олег Александрович. Прикладные методы оптимального управления [Текст] : тексты лекций / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2004. - 215 с. : табл., рис., граф. - Библиогр.: с. 156-158. - Лабораторные работы: с. 158-192. - Тексты программ на языке Паскаль: с. 193-213. - 155 экз.
- Толпегин, Олег Александрович. Прикладные методы оптимального управления [Электронный ресурс] : конспект лекций / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - АВТ. РЕД. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2004. - 1 эл. жестк. диск : цв. : табл., рис., граф. - Электрон. версия печ. публикации [\\lib_server\elres\elr00144.pdf](#). - Библиогр.: с. 4-5.
6. Толпегин, Олег Александрович. Методы решения дифференциальных игр на ЭВМ [Текст] : лабораторный практикум / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 1997. - 97 с. : ил. - Библиогр.: с. 73. - Приложения: с. 74-96. - 64 экз.
7. Толпегин, Олег Александрович. Методы решения прикладных задач управления в игровой постановке [Текст] : учебное пособие для вузов / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.

Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2007. - 211 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 208-209. - ISBN 5-85546-273-0 - 159 экз.

- Толпегин, Олег Александрович. Методы решения прикладных задач управления в игровой постановке [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2007. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \lib_server\elres\elr01558.pdf. - Библиогр.: с. 208-209. - ISBN 5-85546-273-0
8. Методы классической и современной теории автоматического управления [Текст] : учебник для вузов: в 5 т. / ред. К. А. Пупков, ред. Н. Д. Егупов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. - ISBN 5-7038-2194-0. Т. 5 : Методы современной теории автоматического управления : рекомендовано Мин.образования / К. А. Пупков [и др.]. - 2004. - 782 с. : граф., ил., схем., табл. - (Методы теории автоматического управления). - Библиогр.: с. 763-774. - Список используемых аббревиатур: с. 13-14. - Список используемых обозначений: с. 15-18. - Приложение: с. 721-752. - Задания для самостоятельной работы: с. 753-760. - Предметный указ.: с. 761-762. - ISBN 5-7038-2193-2 - 2 экз.
9. Методы классической и современной теории автоматического управления [Текст] : учебник для вузов: в 5 т. / ред. К. А. Пупков, ред. Н. Д. Егупов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. - ISBN 5-7038-2194-0. Т. 4 : Теория оптимизации систем автоматического управления : рекомендовано Мин.образования / К. А. Пупков [и др.]. - 2004. - 741 с. : ил., граф., схем., табл. - (Методы теории автоматического управления). - Библиогр.: с. 726-731. - Список используемых аббревиатур: с. 16-17. - Список используемых обозначений: с. 18-20. - Приложения: с. 515-670. - Задания для самостоятельной работы: с. 671-723. - Предметный указ.: с. 724-723. - ISBN 5-7038-2192-4 - 2 экз.

5.3. Электронные ресурсы, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:

1. Сайт научной библиотеки БГТУ, с доступом к электронному каталогу и полнотекстовым базам данных – URL: <http://library.voenmehru/>);
2. Электронно-библиотечная система www.iprbookshop.ru
3. Электронно-библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com/>
4. Электронно-образовательный ресурс в moodle.voenmeh.ru, курс «Управление при наличии неопределенностей».

5.4. Программное обеспечение.

Программное обеспечение не требуется

5.5. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса.

Предполагаются методы обучения с использованием информационных технологий: возможность консультирования обучающихся преподавателями в любое время и в любой точке пространства посредством сети *Internet*.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:
аудитория, оснащенная доской.
2. Практические занятия:
аудитория, оснащенная доской.
3. Прочее:
 - 1) рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в *Internet*,
 - 2) рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в *Internet*, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Управление при наличии неопределенностей» является Факультативной дисциплиной по всем направлениям и специальностям подготовки, реализуемым в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова. Дисциплина может быть реализована на всех факультетах Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова кафедрой «Динамика и управление полетом летательных аппаратов» (А5).

Дисциплина нацелена на формирование компетенции УК-1: «Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач», относящейся к группе «Системное и критическое мышление».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разделом современной теории управления: методами оптимального управления.

Классические методы оптимального управления (вариационное исчисление, принцип максимума Л.С. Понтрягина, метод динамического программирования, численные методы решения краевых задач оптимального управления) студенты изучают на четвертом курсе. Дальнейшим развитием методов оптимального управления является «Теория дифференциальных игр». Если использовать терминологию теории игр, то задача оптимального управления является задачей с одним игроком. В дифференциальных играх участвует не меньше двух игроков. Теория дифференциальных игр в настоящее время интенсивно развивается как в нашей стране, так и за рубежом. Методы этой теории могут найти применение при решении различных задач управления при наличии неопределенностей, таких как задачи наведения при неизвестных маневрах цели, или исследование движения при наличии ветра с неизвестными статистическими свойствами и других. В курсе рассмотрены методы решения дифференциальных игр на основе решения вспомогательных задач минимаксного программного управления и алгоритмы их реализации, которые могут найти применение при исследовании движения и управления беспилотными летательными аппаратами.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме опроса в процессе чтения лекций и проведения практических занятий, рубежный контроль в форме написания контрольной работы и промежуточный контроль в форме зачета в соответствии с учебным планом направления.

Общая трудоемкость освоения дисциплины согласно учебному плану составляет 3 зачетные единицы (108 часов). Программой дисциплины предусмотрены: лекционные занятия (17 часов), практические занятия (17 часов) и 74 часа самостоятельной работы студента.

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ

Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя

І. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов (электронные версии учебных пособий) и Интернет-ресурсов при подготовке к лекциям и практическим занятиям; взаимодействие с преподавателем вне часов расписания занятий и консультаций посредством сети *Internet*.

Работа в команде: совместная работа в группе при выполнении заданий во время практических занятий.

Проблемное обучение: стимулирование к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы, при подготовке к выполнению домашних заданий.

Опережающая самостоятельная работа – изучение нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий.

ІІ. Виды и содержание учебных занятий

Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр.

Теоретические занятия (лекции) - 2_ часа.

Лекция 1. Тип – информационная.

1.1. Постановка антагонистической дифференциальной игры. Классификация дифференциальных игр.

1.2 Стратегии игроков. Выбор оптимальных стратегий.

1.3 Методы решения дифференциальных игр.

Управление самостоятельной работой студентов – 0,2 часа.

Раздел 2. Области достижимости беспилотных летательных аппаратов

Теоретические занятия (лекции) – 2_ часа.

Лекция 2. Тип – информационная.

2.1. Общая характеристика областей достижимости и их применение

2.2 Методы расчета областей достижимости.

Практические занятия - _4_ часа.

Занятие 1.

Область достижимости для исследования движения крена.

Занятие 2.

Области достижимости летательного аппарата с постоянным ограничением на аэродинамическое управление.

Управление самостоятельной работой студентов – 0,6 часа.

Раздел 3. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости

Теоретические занятия (лекции) – 4_ часа.

Лекция 3, 4. Тип – информационная.

4.1 Необходимые условия оптимальности в форме, аналогичной принципу максимума Л.С. Понтрягина.

4.3 Метод экстремального прицеливания Н.Н Красовского.

Практические занятия - _4_ часа.

Занятие 3.

Синтез системы наведения по лучу на маневрирующую цель.

Занятие 4.

Оптимальное преследование цели в гравитационном поле.

Контрольная работа № 1

Записать необходимые условия оптимальности для антагонистической дифференциальной игры на основе принципа максимума Л.С. Понтрягина.

Консультации по выполнению домашнего задания.

Управление самостоятельной работой студентов –0,8 часа.

Раздел 4. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости.

Теоретические занятия (лекции) – 4_часа.

Лекция 5, 6. Тип – информационная

4.1 Бескоалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с группой целей.

4.2 Коалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с целью.

Практические занятия - _4_ часа.

Занятие 5.

Оптимальное управление линейной системой при наличии возмущений на основе метода экстремального прицеливания

Занятие 6.

Конфликтная задача сближения в горизонтальной плоскости.

Управление самостоятельной работой студентов – 0,8 часа.

Раздел 5. Информационная игровая задача сближения-уклонения

Теоретические занятия (лекции) – 5 часов.

Лекция 7, 8, 9. Тип – информационная

5.1 Постановка задачи и метод решения.

5.2 Минимаксная фильтрация параметров движения спускаемого летательного аппарата с использованием нелинейной модели движения.

5.3 Конфликтная задача сближения-уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели.

Практические занятия - _5_ часов.

Занятие 7.

Область достижимости с учетом ошибок измерений

Занятие 8.

Конфликтная задача сближения – уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели.

Управление самостоятельной работой студентов – 1 час.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет **108** часов, из них 34 часа аудиторных занятий и 74 часов, отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о порядке проведения промежуточной аттестации студентов БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова (приказ ректора от 30.12.2013 № 102-с(о)).

Формы контроля и критерии оценивания приведены в п.4 Рабочей программы и в Приложении 5 к Рабочей программе.

Вид работы	Содержание (перечень вопросов)	Трудоемкость, час.	Рекомендации
Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр.			
Подготовка к лекциям	Постановка антагонистической дифференциальной игры. Классификация дифференциальных игр. Методы решения дифференциальных игр.	10	См. литературу[3], с. 6-27, и конспект лекций.
Раздел 2 Области достижимости беспилотных летательных аппаратов			
Подготовка к лекциям	Общая характеристика областей достижимости и их применение Методы расчета областей достижимости. Область достижимости для исследования движения крена Области достижимости летательного аппарата с постоянным ограничением на аэродинамическое управление	11	См. литературу[2], с. 5-80 и конспект лекций.
Раздел 3 Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости			
Подготовка к лекциям	Необходимые условия оптимальности в форме, аналогичной принципу максимума Л.С. Понтрягина Метод экстремального прицеливания Н.Н Красовского	11	См. литературу[3], с. 83-128, и конспект лекций.

Подготовка к контрольной работе №1	Записать необходимые условия оптимальности для антагонистической дифференциальной игры на основе принципа максимума Л.С. Понтрягина.	3	См. литературу [3], с. 83-95.
Раздел 4 Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости.			
Подготовка к лекциям	Бескоалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с группой целей Коалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с целью	10	См. литературу [1], с.228-240, [3], с.157-171, и конспект лекций.
Раздел 5 Информационная игровая задача сближения-уклонения			
Подготовка к лекциям	Постановка задачи и метод решения Минимаксная фильтрация параметров движения спускаемого летательного аппарата с использованием нелинейной модели движения Конфликтная задача сближения-уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели	16	См. литературу [1], с.240-274, [3], с.199-240, и конспект лекций.
Итого по разделам 1-7		74	

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, поместить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Решение задач на основе рассмотренных алгоритмов.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ

ПО КУРСУ «УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ»

Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр

1.1 Постановка антагонистической дифференциальной игры.

1.2 Классификация дифференциальных игр.

1.3 Виды стратегий игроков. Оптимальные стратегии игроков.

Раздел 2. Области достижимости беспилотных летательных аппаратов.

2.1 Методы расчета областей достижимости.

2.2 Расчет области достижимости с использованием принципа максимума.

2.3 Приближенный расчет области достижимости летательного аппарата с аэродинамическим управлением.

Раздел 3. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости

4.1 Необходимые условия оптимальности в форме, аналогичной принципу максимума Л.С. Понтрягина.

4.2 Метод экстремального прицеливания Н.Н. Красовского.

4.3 Метод экстремального прицеливания Н.Н. Красовского для линейной системы.

Раздел 4. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости.

5.1 Приближенное решение конфликтной задачи сближения-уклонения.

5.2 Бескоалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с группой целей.

5.3 Коалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с целью.

Раздел 5. Информационная игровая задача сближения-уклонения.

7.1 Постановка задачи. Метод решения.

7.2 Минимаксная фильтрация параметров движения спускаемого летательного аппарата.

7.3 Конфликтная задача сближения-уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЗАДАНИЙ
(по видам СРС)

Контрольная работа № 1.

«Составление необходимых условий экстремума для задачи оптимального управления на основе принципа максимума в игровой постановке»

Требуется записать необходимые условия оптимальности для решения задачи оптимального управления в игровой постановке.

Пример 1 домашнего задания № 2:

Движение управляемой системы при действии возмущений определяется уравнениями:

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2 + u ;$$

$$\frac{dx_2}{dt} = x_1 + \xi$$

при начальных условиях:

$$t = t_0, \quad x_1(t_0) = x_{10}, \quad x_2(t_0) = x_{20}.$$

Управление u и возмущение ξ удовлетворяют ограничениям:

$$|u(t)| \leq 3, \quad |\xi(t)| \leq 2.$$

Требуется определить управление u , при котором функционал

$$J = \sqrt{(x_1(\vartheta) - x_{1*})^2 + (x_2(\vartheta) - x_{2*})^2}$$

принимает минимальное значение в предположении, что возмущение выбирает второй игрок, интересы которого противоположны интересам первого игрока, выбирающего управление $u(t)$, где x_{1*}, x_{2*} - заданные числа.

Правый конец траектории свободен, а момент ϑ выбирается в процессе решения задачи.

Записать необходимые условия оптимальности для решения задачи в форме, аналогичной принципу максимума.

Пример 2 контрольной работы №1:

Движение БПЛА при наличии возмущения $\xi(t)$ определяется уравнениями:

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \omega_z ;$$

$$\frac{d\omega_z}{dt} = a_1 \omega_z + a_2 \vartheta + a_3 \delta_R + \xi.$$

Заданы начальные условия:

$$t = t_0, \quad \vartheta(t_0) = \vartheta_0, \quad \omega_z(t_0) = \omega_{z0}.$$

Управление $\delta_R(t)$ и возмущение $\xi(t)$ удовлетворяют ограничениям:

$$|\delta_R(t)| \leq \delta_{BM}, \quad |\xi(t)| \leq \xi_M.$$

Момент окончания управляемого движения ϑ задан.

Правый конец траектории свободен.

Требуется найти управление $\delta_B(t)$, при котором критерий

$$J = \int_{t_0}^{\theta} (q_1 \vartheta^2 + q_2 \omega_z^2 + q_3 \delta_B^2 - q_4 \xi^2) dt$$

принимает минимальное значение в предположении, что интересы второго игрока, выбирающего возмущение $\xi(t)$, противоположны. Все коэффициенты в системе уравнений и критерии оптимальности заданы.

Записать необходимые условия оптимальности для решения задачи на основе динамического программирования.

Приложение 5
к рабочей программе дисциплины
«Управление при наличии неопределенностей»

Фонды оценочных средств

Оценивание уровня учебных достижений осуществляется в виде текущего, рубежного и промежуточного контроля в соответствии с: ПОЛОЖЕНИЕМ о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова.

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- Варианты контрольной работы приведены в приложении 4;
- Комплект вопросов по изучаемой дисциплине приведен в приложении 4.
- Тестовые задания приведены в Фонде оценочных средств дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	НОМЕРА РАЗДЕЛОВ	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ	ВСЕГО	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ В КОНТАКТНОЙ ФОРМЕ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ	ФОРМИРУЕМАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
					ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	АУДИТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ (ПРАКЗАВ.)	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ			
4/ 5/ 6	8/9/ 10/ 11	1	Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр 1.1. Постановка антагонистической дифференциальной игры. Классификация дифференциальных игр 1.2 Стратегии игроков. Выбор оптимальных стратегий 1.3 Методы решения дифференциальных игр.	12	2	2	-	-	10	15%	ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ*
4/ 5/ 6	8/9/ 10/ 11	2	Раздел 2 Области достижимости беспилотных летательных аппаратов 2.1. Общая характеристика областей достижимости и их применение 2.2 Методы расчета областей достижимости. 2.3 Область достижимости для исследования движения крена 2.4 Области достижимости летательного аппарата с постоянным ограничением на аэродинамическое управление.	22	6	2	4	-	16	20%	ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ*

4/ 5/ 6	8/9/ 10/ 11	3	Раздел 3 Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости 4.1 Необходимые условия оптимальности в форме, аналогичной принципу максимума Л.С. Понтрягина 4.2 Синтез системы наведения по лучу на маневрирующую цель 4.3 Метод экстремального прицеливания Н.Н Красовского	22	8	4	4	-	14	25%	КР-1* ТЕСТ-ОВЫЕ ЗАДАНИЯ*
4/ 5/ 6	8/9/ 10/ 11	4	Раздел 4 Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости 4.1 Бескоалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с группой целей 4.2 Коалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с целью	26	8	4	4	-	18	20%	ТЕСТ-ОВЫЕ ЗАДАНИЯ*
4/ 5/ 6	8/9/ 10/ 11	5	Раздел 5 Информационная игровая задача сближения-уклонения 5.1 Постановка задачи и метод решения 5.2 Минимаксная фильтрация параметров движения спускаемого летательного аппарата с использованием нелинейной модели движения 5.3 Конфликтная задача сближения-уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели	26	10	5	5	-	16	20%	ТЕСТ-ОВЫЕ ЗАДАНИЯ*
			ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	108	34	17	17	-	74	100 %	

КР-1* – выполнение контрольной работы №1; Варианты контрольной работы приведены в Приложении 4, критерии оценивания приведены ниже.

ТЗ* - Тестовые задания*. Варианты тестовых заданий приведены в Фонде оценочных средств дисциплины, критерии их оценивания приведены ниже.

Критерии оценивания

Текущее тестирование проводится на лекционных и практических занятиях в виде опроса по теме занятия.

Контрольная работа

Результаты выполнения каждой контрольной работы оцениваются по четырехбалльной шкале («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»).

Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо полное и правильное решение хотя бы одной задачи. Более высокая оценка формируется с учетом ответов на дополнительные вопросы.

Если в плановый срок проведения контрольной работы в соответствии с графиком контрольных мероприятий студентом получена оценка не ниже «удовлетворительно», ему

зачитываются все темы этой контрольной работы. При отсутствии положительной оценки в плановый срок студенту необходимо полностью или частично переписать контрольную работу в часы плановых консультаций и приема задолженностей вплоть до успешного решения хотя бы одной задачи .

Допускается повторное выполнение контрольных работ с целью повышения оценки.

Рубежный контроль

Рубежная аттестация студентов производится по итогам половины семестра. Результат рубежной аттестации определяется как оценка степени выполнения графика контрольных мероприятий на дату проведения аттестации. Полное выполнение графика (написание контрольной работы) оцениваются в 100%.

Промежуточный контроль

Промежуточный контроль по дисциплине проходит в форме зачета.

Допуск к зачету оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий (написание контрольной работы), предусмотренных графиком контрольных мероприятий (раздел 4 рабочей программы).

Зачет включает в себя один теоретический вопрос и решение одной практической задачи. Зачет студент получает при исчерпывающем ответе на теоретический вопрос, правильном решении задачи и правильном ответе на дополнительный вопрос из списка вопросов, для подготовки к зачету. При решении только практической задачи студент получает дополнительный вопрос по основному содержанию курса. В этом случае студент получает зачет только при правильном ответе на вопросы преподавателя

При неправильном решении задачи и неправильном ответе на дополнительные вопросы преподавателя студент не получает зачета.

СПРАВКА

о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова учебной литературы
(справка является неотъемлемой частью УМК дисциплины)

1. Наименование дисциплины: «Управление при наличии неопределенностей»

2. Кафедра: А5 «Динамика и управление полетом летательных аппаратов».

3. Перечень основной учебной литературы:

1. Шалыгин, Аркадий Сергеевич. Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов [Текст] : [справочник] / А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин ; ред.: А. В. Ноздрачев, Л. Н. Лысенко ; Рос. акад. ракетн. и артиллер. наук. - М. : Машиностроение, 2012. - 583 с. : граф., схемы, табл. - (Справочная библиотека разработчика-исследователя) (Вооружение и военная техника ; [Т.] 11). - Библиогр.: с. 573-578. - Дополнит. титульн. лист, аннот. на англ. яз. - Осн. сокращ.: с. 10-11. - ISBN 978-5-94275-668-0 - 50 экз.

Шалыгин, Аркадий Сергеевич. Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. - Электрон. текстовые дан. - М. : Машиностроение, 2012. - 584 с. - (ЭБС Лань). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5807>. - 20190620.

2. Толпегин, Олег Александрович. Области достижимости летательных аппаратов [Текст] : учебное пособие [для вузов] / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб. : [б. и.], 2013. - 141 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 139-140. - ISBN 978-5-85546-730-7 - 70 экз.

Толпегин, Олег Александрович. Области достижимости летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2013. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib_server\elres\elr01988.pdf. - Библиогр.: с. 139-140. - ISBN 978-5-85546-730-7

4. Дополнительная литература:

3. Толпегин, Олег Александрович. Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов [Текст] / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2009. - 244 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 240-242. - ISBN 978-5-85546-431-3 - 10 экз.

Толпегин, Олег Александрович. Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2009. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 240-242. - ISBN 978-5-85546-431-3

4. Толпегин, Олег Александрович. Математическое программирование. Вариационное исчисление [Текст] : тексты лекций / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2003. - 203 с. : ил., граф., табл. - Библиогр.: с. 201. - 164 экз.

Толпегин, Олег Александрович. Математическое программирование. Вариационное исчисление [Электронный ресурс] : тексты лекций / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2003. - 1 эл. жестк. диск : ил., граф., табл. - Электрон. версия печ. публикации e:\elresfobib\elr00084.pdf. - Библиогр.: с. 201.

5. Толпегин, Олег Александрович. Прикладные методы оптимального управления [Текст] : тексты лекций / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2004. - 215 с. : табл., рис., граф. - Библиогр.: с. 156-158. - Лабораторные работы: с. 158-192. - Тексты программ на языке Паскаль: с. 193-213. - 155 экз.

Толпегин, Олег Александрович. Прикладные методы оптимального управления [Электронный ресурс] : конспект лекций / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - АВТ. РЕД. -

- Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2004. - 1 эл. жестк. диск : цв. : табл., рис., граф. - Электрон. версия печ. публикации \\lib_server\elres\elr00144.pdf. - Библиогр.: с. 4-5.
6. Толпегин, Олег Александрович. Методы решения дифференциальных игр на ЭВМ [Текст] : лабораторный практикум / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 1997. - 97 с. : ил. - Библиогр.: с. 73. - Приложения: с. 74-96.- 64 экз.
7. Толпегин, Олег Александрович. Методы решения прикладных задач управления в игровой постановке [Текст] : учебное пособие для вузов / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2007. - 211 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 208-209. - ISBN 5-85546-273-0 - 159 экз.
- Толпегин, Олег Александрович. Методы решения прикладных задач управления в игровой постановке [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / О. А. Толпегин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2007. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib_server\elres\elr01558.pdf. - Библиогр.: с. 208-209. - ISBN 5-85546-273-0
8. Методы классической и современной теории автоматического управления [Текст] : учебник для вузов: в 5 т. / ред. К. А. Пупков, ред. П. Д. Егупов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. - ISBN 5-7038-2194-0. Т. 5 : Методы современной теории автоматического управления : рекомендовано Мин.образования / К. А. Пупков [и др.]. - 2004. - 782 с. : граф., ил., схем., табл. - (Методы теории автоматического управления). - Библиогр.: с. 763-774. - Список используемых аббревиатур: с. 13-14. - Список используемых обозначений: с. 15-18. - Приложение: с. 721-752. - Задания для самостоятельной работы: с. 753-760. - Предметный указ.: с. 761-762. - ISBN 5-7038-2193-2 - 2 экз.
9. Методы классической и современной теории автоматического управления [Текст] : учебник для вузов: в 5 т. / ред. К. А. Пупков, ред. Н. Д. Егупов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. - ISBN 5-7038-2194-0. Т. 4 : Теория оптимизации систем автоматического управления : рекомендовано Мин.образования / К. А. Пупков [и др.]. - 2004. - 741 с. : ил., граф., схем., табл. - (Методы теории автоматического управления). - Библиогр.: с. 726-731. - Список используемых аббревиатур: с. 16-17. - Список используемых обозначений: с. 18-20. - Приложения: с. 515-670. - Задания для самостоятельной работы: с. 671-723. - Предметный указ.: с. 724-723. - ISBN 5-7038-2192-4 - 2 экз.

Директор библиотеки



(Сесина Н.В.)

Дата