

**Федеральное государственное учреждение  
«Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской  
академии наук»  
(ФИЦ ИУ РАН)**

Утверждена

Ученым советом ФИЦ ИУ РАН,  
протокол № 1 от «27» ноября 2015 г.

Председатель Ученого совета,  
директор ФИЦ ИУ РАН

И.А. Соколов

«30» ноября 2015 г.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

### **УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Математические модели и методы управления. Декомпозиция в оптимизации систем»**

#### **Направление подготовки**

02.06.01 Компьютерные и информационные науки

#### **Профиль (направленность программы)**

01.01.09 Дискретная математика и математическая кибернетика

#### **Квалификация выпускника**

Исследователь. Преподаватель-исследователь

#### **Форма обучения**

очная

Москва, 2015

Направление подготовки: 02.06.01 Компьютерные и информационные науки

Профиль (направленность программы): 01.01.09 Дискретная математика и математическая кибернетика

Дисциплина: «Математические модели и методы управления. Декомпозиция в оптимизации систем»

Форма обучения: очная

Рабочая программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки 01.01.09 Дискретная математика и математическая кибернетика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 864, зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 20 августа 2014 года № 33703.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РЕКОМЕНДОВАНА

Отделом интеллектуальных систем ФИЦ ИУ РАН

Руководитель отдела  /Воронцов К.В./

« 21 » 11 2015г.

ИСПОЛНИТЕЛИ (разработчики программы):

В.И.Цурков, ФИЦ ИУ РАН, в.н.с., д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа зарегистрирована в аспирантуре под учетным номером 38 на правах учебно-методического издания.

Начальник отдела докторантуры и аспирантуры  / Клименко С.И. /  
02.12.15

## Оглавление

АННОТАЦИЯ .....	4
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
3.1. Структура дисциплины.....	6
3.2. Содержание разделов дисциплины .....	7
3.3. Семинарские занятия .....	10
3.4. Практические занятия .....	10
3.5. Самостоятельная работа аспирантов.....	10
4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....	12
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина «Математические модели и методы управления. Декомпозиция в оптимизации систем» реализуется в рамках Блока 1 Основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН) по направлению подготовки 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, профиль (направленность программы) 01.01.09 Дискретная математика и математическая кибернетика аспирантам очной формы обучения.

Рабочая программа разработана с учетом требований ФГОС ВО по направлению подготовки 02.06.01 Компьютерные и информационные науки, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 864, зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 20 августа 2014 года № 33703.

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются: материалы конференций, симпозиумов, семинаров, Интернет-ресурсы, научные издания и монографические исследования и публикации.

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет - 6 зач.ед. (216 часов), из них лекций - 72 час., семинарских занятий – 0 час., практических занятий – 0 час., часов самостоятельной работы – 108 час., контроль – 36 часов. Дисциплина реализуется на 1 курсе, 2 семестр и на 2 курсе, 3 семестр, продолжительность обучения – 2 семестра.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой.

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачетно-экзаменационной сессии в форме: экзамена.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Цель:**

Целью дисциплины является освоение аспирантами фундаментальных знаний и теоретических основ, методов и моделей управления сложными системами; освоение фундаментальных знаний в области методов понижения размерности в больших задачах оптимизации.

#### **Задачи:**

- формирование базовых знаний в области теории методов управления как дисциплины, интегрирующей общематематическую и общетеоретическую подготовку математиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение аспирантов принципам создания моделей управления, выявление особенностей возникающих задач;
- формирование базовых знаний в области декомпозиции больших задач как дисциплины, интегрирующей общематематическую и общетеоретическую подготовку математиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение аспирантов принципам создания методов понижения размерности, выявление особенностей возникающих задач;
- формирование подходов к выполнению научных исследований в области оптимизации и управления.

### **2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины «Математические модели и методы управления. Декомпозиция в оптимизации систем» направлен на формирование компетенций или

отдельных их элементов в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 02.06.01 Информатика и вычислительная техника, профиль (направленность программы) 01.01.09 Дискретная математика и математическая кибернетика аспирантам очной формы обучения:

а) универсальных (УК)

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

б) общепрофессиональных (ОПК):

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности (ОПК-4);
- способность представлять полученные результаты научно-исследовательской деятельности на высоком уровне и с учетом соблюдения авторских прав (ОПК-6);
- владение методами проведения патентных исследований, лицензирования и защиты авторских прав при создании инновационных продуктов в области профессиональной деятельности (ОПК-7);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-8).

в) профессиональных (ПК):

- готовность использовать знание основных методов искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности в качестве научных сотрудников, преподавателей вузов, инженеров, технологов (ПК-1);
- готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности в области моделирования и анализа сложных естественных и искусственных систем (ПК-3);
- способность к созданию математических и информационных моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере (ПК-4);
- способность применять на практике умения и навыки в организации исследовательских работ и проводить научные исследования, готовность к участию в инновационной деятельности (ПК-5).

**В результате освоения дисциплины «Математические модели и методы управления. Декомпозиция в оптимизации систем» обучающийся должен:**

**Знать:**

- место и роль задач динамического оптимального управления большой размерности в научных исследованиях;
- модели управления с большим числом уравнений и связей;
- принципы координации в многомерных задачах управления;
- подходы точного, приближённого и итеративного агрегирования в многомерных задачах управления;
- основные подходы понижения размерности в задачах оптимального управления;

- место и роль задач большой размерности в научных исследованиях;
- современные проблемы естествознания, связанные с большой размерностью;
- основные модели, приводящие к задачам большой размерности;
- принципы Данцига-Вулфа и Корнаи-Липтака в оптимизации больших систем;
- понятие агрегированных переменных как основной подход к понижению размерности;
- основные подходы в декомпозиции оптимизационных задач.

#### **Уметь:**

- применять на практике подходы понижения размерности динамических задач;
- выявлять специфику задач оптимального управления для применения декомпозиции;
- дать обоснование применяемого подхода;
- дать оценки для субоптимальных решений;
- программировать на компьютере те или иные алгоритмы декомпозиции;
- применять на практике изучаемые подходы понижения размерности;
- выявлять специфические черты задач оптимизации для применения того или иного метода декомпозиции;
- дать обоснование в теоретическом смысле того или иного подхода;
- оценить потерю точности приближения;
- эффективно программировать на компьютере схемы декомпозиции.

#### **Владеть:**

- анализом сложной динамической системы;
- адекватными подходами для эффективного понижения размерности задач оптимального управления;
- теоретическим аппаратом основных подходов теории оптимального управления чтобы применять методы понижения размерности.
- последовательным анализом сложной задачи;
- наиболее эффективным подходом декомпозиции для рассматриваемого класса задач;
- теоретическим аппаратом оптимизации для сведения исходной сложной задачи к серии задач меньшей размерности.

### **3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1. Структура дисциплины**

Курс состоит из двух частей. В первой части изучаются математические модели и методы управления. Во второй части изучаются математические модели и методы декомпозиции в оптимизации систем. Объединяющей идеей курса является применение методов математического программирования для решения различных прикладных задач математического моделирования, оптимизации и оптимального управления.

#### **Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ**

Вид учебной работы	Трудоемкость					
	общая		Из них			
	Зач. Ед.	Час.	Лекц.	Прак.	Сем.	Сам.р.
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ</b> по Учебному плану	6	216	72			108

<b>Аудиторные занятия</b>						
Лекции (Л)	2	72	72			
Практические занятия (ПЗ)						
Семинары (С)						
<b>Самостоятельная работа (СР) без учёта промежуточного контроля:</b>						
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины	3	108				108
<b>Вид контроля:</b> экзамен (является составной частью кандидатского экзамена)	1	36				

### 3.2. Содержание разделов дисциплины

#### Общее содержание дисциплины

#### Часть 1. Математические модели и методы управления.

№ раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Количество часов
1	Введение. Понятие об управляемой системе.	Роль неформализуемых факторов в системах управления. Системы управления с элементами искусственного интеллекта. Управляемость линейных систем с постоянными коэффициентами. Системы с одним управляющим воздействием. Критерий управляемости. Наблюдаемость линейных систем с постоянными коэффициентами. Критерий наблюдаемости. Принцип двойственности в теории управляемости и наблюдаемости. Примеры управляемых систем из различных областей науки и техники. Диалоговые системы управления. Интеллектуализация систем управления.	2
2	Линейно-квадратичные задачи.	Регулирование состояния и выхода. Обратная связь. Уравнение Риккати. Случай бесконечного интервала времени. Задача слежения. От	2

		вариационного исчисления к теории оптимального управления.	
3	Постановки динамических задач оптимального управления.	Непрерывное время. Задача о быстродействии. Дискретное время. Динамическая транспортная задача. Модель управления системой с распределенными параметрами.	2
4	Принцип максимума Понтрягина.	Сопряженные переменные. Функция Гамильтона. Релейные управления.	4
5	Метод динамического программирования.	Метод функционального соотношения Беллмана. Принцип оптимальности Беллмана. Вычислительная эффективность метода Беллмана. Применение к задачам оптимального управления.	4
6	Управление системами в условиях неопределенности.	Стохастическое оптимальное управление. Теория Калмана. Необходимые условия в виде принципа максимума в задачах управления с неполной информацией.	4
7	Многоуровневые иерархические системы управления.	Принцип прогноза взаимодействий. Декомпозиция, координация, агрегирование. Декомпозиционные подходы решения алгебраического и динамического уравнения Риккати.	4
8	Проблема точного и приближенного агрегирования линейных систем.	Теория Аоки. Применение параметрического программирования в диалоговых системах с использованием агрегированных переменных.	4
9	Метод Пирсона целевой координации в управлении иерархическими системами.	Метод двойственной координации. Метод смешанной координации. Применение к системам различного вида.	2
10	Иерархические динамические задачи оптимального управления о распределении ресурсов.	Случай нелинейных уравнений в подсистемах в иерархических задачах управления о распределении ресурсов.	4
11	Итеративное агрегирование в иерархических задачах оптимального управления.	Линейно-квадратичный случай. Трудности прямого решения по принципу максимума. Иерархические задачи оптимального управления в математической физике.	2
12	Проблема устойчивости многосвязных систем.	Метод векторной функции Ляпунова. Проблема расщепления многосвязных систем. Проблема зависимости выхода от единственного входа. Декомпозиция динамических систем при наличии слабых перекрестных связей. Разложение по малому параметру. Влияние перекрестных связей.	4



		Устойчивость по малым перекрестным связям.	
--	--	--	--

## Часть 2. Декомпозиция в оптимизации систем.

№ раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Количество часов
13	Введение в блочное программирование.	Содержательная постановка. Иерархические системы и задачи большой размерности. Примеры блочных задач большой размерности. Сильные и слабые перекрестные связи.	4
14	Метод декомпозиции Данцига-Вулфа.	Метод генерации столбцов. Координирующая задача. Локальная задача. Условие оптимальности опорного решения. Распространение на нелинейные задачи Метод Данцига-Вулфа для специальных задач. Решение конкретных примеров. Решение транспортной задачи методом Данцига-Вулфа. Методы перераспределения избытков ресурсов для специфических блочных задач.	8
15	Метод декомпозиции Корнаи-Липтака.	Процедура распределения ресурсов по подсистемам. Применение игровых процедур. Параметрическая декомпозиция (общая схема). Распределение ресурсов в специфических блочных задачах. Малые параметры в специальной модели отраслевого планирования с перекрестными связями.	8
16	Итеративное агрегирование.	Модель блочного программирования со специфическими связывающими ограничениями и функционалом. Задача в агрегатах. Условие оптимальности дезагрегированного решения. Монотонность по функционалу. Итеративное агрегирование для различных постановок. Общий критерий и связи. Случайные параметры. Вырождение и его снятие. Методы генерации столбцов в оптимизации на сетях.	6
17	Декомпозиция на основе разделения переменных.	Метод Бендерса. Блочное целочисленное программирование. Решение методом Бендерса числовых примеров.	6
18	Разложение по методу малого параметра.	Понятие декомпозируемости и агрегируемости.	4

## Лекционный курс

Порядковый	Раздел, тема учебного курса, содержание лекции	Трудоемкость
------------	--	--------------

номер лекции		час.	зач. ед.*
	<b>Часть 1. Математические модели и методы управления.</b>		
1	Введение. Понятие об управляемой системе.	2	
2	Линейно-квадратичные задачи.	2	
3	Постановки динамических задач оптимального управления.	2	
4	Принцип максимума Понтрягина.	4	
5	Метод динамического программирования.	4	
6	Управление системами в условиях неопределенности.	4	
7	Многоуровневые иерархические системы управления.	4	
	Точное и приближенное агрегирование линейных систем.	4	
8	Метод Пирсона целевой координации в управлении	4	
9	иерархическими системами.	2	
10	Постановка иерархических динамических задач	4	
11	оптимального управления о распределении ресурсов.	2	
12	Итеративное агрегирование в иерархических задачах	4	
	оптимального управления.		
	Проблема устойчивости многосвязных систем.		
13	<b>Часть 2. Декомпозиция в оптимизации систем.</b>		
14	Введение в блочное программирование.	4	
15	Метод декомпозиции Данцига-Вулфа.	8	
16	Метод декомпозиции Корнай-Липтака.	8	
17	Итеративное агрегирование.	6	
18	Декомпозиция на основе разделения переменных.	6	
	Разложение по методу малого параметра.	4	
<b>ИТОГО</b>		<b>72</b>	<b>2</b>

### 3.3. Семинарские занятия

Не предусмотрены

### 3.4. Практические занятия

Не предусмотрены

### 3.5. Самостоятельная работа аспирантов

Внеаудиторная самостоятельная работа аспирантов включает следующие виды деятельности:

- конспектирование и реферирование первоисточников и другой научной и учебной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе);
- изучение учебного материала, перенесенного с аудиторных занятий на самостоятельную проработку;
- написание рефератов.

#### Содержание и объем самостоятельной работы аспирантов

#### Часть 1. Математические модели и методы управления.

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень домашних заданий и других вопросов для самостоятельного изучения	Сроки выполнения (№ недели)	Трудоемкость	
			час.	зач. ед.
Введение. Понятие об управляемой системе. Линейно-квадратичные задачи.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	2н	5	0,1
Постановки динамических задач оптимального управления.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	3н	5	0,1
Принцип максимума Понтрягина.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	4н	5	0,1
Метод динамического программирования.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	5-6н	5	0,1
Управление системами в условиях неопределенности.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	7-8н	5	0,1
Многоуровневые иерархические системы управления.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	9-10н	5	0,1
Проблема точного и приближенного агрегирования линейных систем.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	11-12н	5	0,1
Метод Пирсона целевой координации в управлении иерархическими системами.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	13н	5	0,1
Иерархические динамические задачи оптимального управления о распределении ресурсов.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	14-15н	5	0,1
Итеративное агрегирование в иерархических задачах оптимального управления.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	16н	5	0,1
Проблема устойчивости многосвязных систем.	Подготовка рефератов по материалам актуальных научно-исследовательских работ и международных	17-18н	11	0,6

	конференций			
--	-------------	--	--	--

## Часть 2. Декомпозиция в оптимизации систем.

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень домашних заданий и других вопросов для самостоятельного изучения	Сроки выполнения (№ недели)	Трудоемкость	
			час.	зач. ед.
Введение в блочное программирование.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	1-2н	18	0,5
Метод декомпозиции Данцига-Вулфа.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	3-6н		
Метод декомпозиции Корнаи-Липтака.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	7-10н		
Итеративное агрегирование.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	11-13н		
Декомпозиция на основе разделения переменных.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	14-16н		
Разложение по методу малого параметра.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	17-18н		

## 4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**Текущая аттестация аспирантов.** Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ФИЦ ИУ РАН - Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ФИЦ ИУ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;

- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров, практических занятий и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по 4-х бальной системе (5-отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2-неудовлетворительно).

**Промежуточная аттестация аспирантов.** Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в соответствии с локальным актом ФИЦ ИУ РАН - Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ФИЦ ИУ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме зачета в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу (распоряжению заместителя директора по научной работе). Аспирант допускается к экзамену в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

#### **Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме экзамена.**

<b>Оценка зачета (нормативная)</b>	<b>Требования к знаниям и критерии выставления оценок</b>
Отлично	Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями теории оптимального управления, умеет выявлять специфические черты задач оптимизации для применения того или иного метода декомпозиции, обладает навыком последовательного анализа сложных задач. Способен делать анализ проблем, намечать пути их решения и дать обоснование применяемого подхода.
Хорошо	Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями теории оптимального управления, обладает навыком последовательного анализа сложных задач. Способен делать анализ проблем, намечать пути их решения и дать обоснование применяемого подхода.
Удовлетворительно	Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями теории оптимального управления, обладает навыком последовательного анализа сложных задач. Способен делать анализ проблем, намечать пути их решения.
Не удовлетворительно	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала. Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и или не в состоянии наметить пути их решения.

### **Вопросы для контроля знаний:**

- Понятия управляемой системы и различные виды устойчивости.
- Понятия и критерии управляемости и наблюдаемости систем с постоянными коэффициентами, принцип двойственности.
- Системы управления с элементами искусственного интеллекта, интеллектуализация систем управления.
- Линейно-квадратичная задача управления по выходу, уравнение Риккати.
- Задача слежения.
- Связь вариационного исчисления и теории оптимального управления.
- Задача быстрогодействия.
- Дискретная транспортная задача.
- Принцип максимума Понтрягина для задач с различными критериями качества.
- Открытые и замкнутые области значений управляющих воздействий. Релейное управление.
- Принцип оптимальности Беллмана. Уравнение Беллмана.
- Фильтры Калмана.
- Принцип максимума для задач управления с неполной информацией.
- Декомпозиция, координация, агрегирование в системах управления.
- Приемы декомпозиции для матричных уравнений Риккати, возникающих в теории управления.
- Методы двойственной и смешанной координации.
- Итеративное агрегирование в иерархических задачах оптимального управления. Линейно-квадратичный случай.
- Метод векторной функции Ляпунова. Декомпозиция динамических систем при наличии слабых перекрестных связей.
- Декомпозиция в системах с малым параметром.
- Иерархические системы и задачи большой размерности. Сильные и слабые перекрестные связи.
- Метод декомпозиции Данцига-Вулфа.
- Метод декомпозиции Корнаи-Липтака.
- Итеративное агрегирование. Задача в агрегатах.
- Декомпозиция на основе разделения переменных. Метод Бендерса.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература по части 1**

1. Александров В.В., Болтянский В.Г., Лемак С.С., Парусников Н.А., Тихомиров В.Н. Оптимальное управление движением – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2005 – 376 с.
2. Благодатских В.И. Введение в оптимальное управление (линейная теория) – М.: Высшая школа, 2001 – 240 с.
3. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы – Л.: Питер, 2006 – 240 с.
4. Ким Д.П. Теория автоматического управления. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2007 – 440 с.

5. Понтрягин Л.С. Принцип максимума в оптимальном управлении – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 64 с.

#### **Основная литература по части 2**

6. Морозов В.В., Сухарев А.Г., Федоров В.В. Исследование операций в задачах и упражнениях М.: Либроком, 2009 - 288 стр.
7. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. Учебное пособие для вузов М.:Дрофа, 2006 - 208 стр.
8. Васин А.А., Краснощеков П.С., Морозов В.В. Исследование операций М.: Академия, 2008 - 464 стр.
9. Ширяев В.И. Исследование операций и численные методы оптимизации М.: КомКнига, 2007 - 216 стр.
10. Протасов И.Д. Теория игр и исследование операций М.: Гелиос АРВ, 2006 - 368 стр.
11. Васильев Ф.П., Иваницкий А.Ю. Линейное программирование М.: Факториал Пресс, 2003 - 352 стр.
12. Ковалев М.М. Дискретная оптимизация (целочисленное программирование). 2 изд. М.: Едиториал УРСС, 2003 - 192 стр.

#### **Дополнительная литература по части 1**

13. Ройтенберг Я.Н. Автоматическое управление. – М.: Наука, 1971.
14. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.Г., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Наука, 1976.
15. Поспелов Г.С., Ириков В.А. Программно-целевое планирование и управление. – М.: Сов. радио, 1976.
16. Поспелов Г.С., Вен В.Л., Солодов В.М., Шафранский В.В., Эрлих А.И. Проблемы программно-целевого планирования и управления. – М.: Наука, 1981.
17. Сингх М., Титли А. Системы: декомпозиция, оптимизация и управление. – М.: Машиностроение, 1986.
18. Цурков В.И. Динамические задачи большой размерности. – М.: Наука, 1988.

#### **Дополнительная литература по части 2**

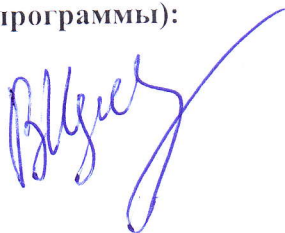
19. Лэддон Л.С. Оптимизация больших систем. - М.: Наука, 1975.
20. Цурков В.И. Декомпозиция в задачах большой размерности. - М.: Наука, 1981.
21. Первозванский А.А., Гайцгори В.Г. Декомпозиция, агрегирование и приближенная оптимизация. - М.: Наука, 1975.
22. Танаев В.С. Декомпозиция и агрегирование в задачах математического программирования. - Минск: Наука и техника, 1987.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования по специальности 01.01.09 программа специальности «Дискретная математика и математическая кибернетика» предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерное моделирование и визуализация, разбор конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

#### **ИСПОЛНИТЕЛИ (разработчики программы):**

д.ф.-м.н., проф. В.И.Цурков



« 21 » 11 2016 г.