

Минобрнауки России  
Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
**Федеральный исследовательский центр**  
**«Карельский научный центр**  
**Российской академии наук»**  
(КарНЦ РАН)

**УТВЕРЖДАЮ**

Врио председателя КарНЦ РАН  
член-корр. РАН

\_\_\_\_\_ О.Н. Бахмет  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«Теория управления»**

Основной образовательной программы высшего образования –  
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по направлению подготовки

**09.06.01 Информатика и вычислительная техника,**  
**профиль: Математическое моделирование,**  
**численные методы и комплексы программ**

Петрозаводск  
2018

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 г. № 875 и учебным планом по направлению подготовки аспирантуры 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, профиль «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Разработчики:

Заика Юрий Васильевич, главный научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН, доктор физико-математических наук, профессор

---

Ретгиева Анна Николаевна, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН, доктор физико-математических наук, доцент

---

Эксперт:

Тихомирова Тамара Петровна, ученый секретарь ИПМИ КарНЦ РАН, кандидат технических наук, доцент

---

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета ИПМИ КарНЦ РАН (протокол № 5 от «24» мая 2018 г.) и рекомендована к утверждению на заседании Ученого совета КарНЦ РАН (протокол № 7 от «25» мая 2018 г.)

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной образовательной программы (ООП) аспирантуры**

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код компетенции. Этап формирования компетенции	Формулировка компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы достижения компетенции)
УКЗ	Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	<p><b>Знать:</b> общее состояние современных научных достижений в области методов оптимизации и алгоритмов управления динамическими системами.</p> <p><b>Уметь:</b> вести научно-исследовательскую деятельность.</p> <p><b>Владеть:</b> организационными, коммуникативными навыками, позволяющими осуществлять работу в исследовательских коллективах.</p>
ПК2	Способность к развитию аналитических и численных методов исследования математических моделей	<p><b>Знать:</b> современные научные достижения в области математического моделирования систем управления, численных методов оптимизации.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать математические модели систем управления и численные методы их реализации с использованием программных сред.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками аналитического и численного анализа данных при математическом моделировании систем управления динамическими системами.</p>
ПК3	Способность к разработке эффективных вычислительных алгоритмов с применением современных компьютерных технологий	<p><b>Знать:</b> современные научные достижения в области математического моделирования систем управления и их алгоритмической реализации.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать математические модели систем управления и алгоритмы их реализации с использованием программных сред.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками математической обработки информации и анализа данных при алгоритмизации и программной реализации систем управления динамическими системами.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры и язык преподавания

Дисциплина «Теория управления» входит в вариативную часть учебного плана ООП аспирантуры по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и является обязательной дисциплиной.

Согласно учебному плану дисциплина проводится в 3-м и 4-м семестрах и направлена на формирование компетенций УК3, ПК2, ПК3.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные при освоении образовательной программы предыдущего уровня.

Язык преподавания – русский.

## 3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц или 72 академических часа.

### 3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Объем в академических часах
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	72
В том числе:	
<b>Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем). Всего</b>	22
В том числе:	
Лекции (Л)	10
Практические занятия (Пр)	12
Лабораторные занятия (Лаб)	0
Вид промежуточной аттестации	зачет
<b>Самостоятельная работа обучающихся (СР) (всего)</b>	50
В том числе:	
Самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовка к занятиям	
Подготовка к промежуточной аттестации	

### 3.2. Краткое содержание дисциплины по разделам и видам учебной работы

п/п	Раздел дисциплины (тематический модуль)	Трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)	Оценочное средств во
-----	--	---	----------------------------

		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа обучающихся	
Семестры № 3, 4							
1	Вариационные методы в теории оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина.	15	2	3	0	10	коллоквиум
2	Управляемость. Импульсные и релейно-импульсные управления. Стабилизация программных движений. Дискретные регуляторы.	14	2	2	0	10	собеседование
3	Наблюдаемость динамических систем с неполной обратной связью. Интегральные операторы наблюдения. Асимптотические наблюдатели и стабилизация.	14	2	2	0	10	коллоквиум
4	Метод динамического программирования. Линейно-квадратичная задача. Оптимальное демпфирование переходных процессов.	14	2	2	0	10	собеседование
5	Задачи робастного и адаптивного управления. Численные методы оптимального управления динамическими системами.	15	2	3	0	10	коллоквиум
Вид промежуточной аттестации в семестре: зачет							
<b>Итого:</b>		72	10	12	0	50	

### 3.3. Содержание аудиторных занятий

#### Содержание лекционных занятий

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3, 4				
1	1	Вариационные методы в теории оптимального управления.	1	0
1	1	Принцип максимума Понтрягина.	1	0
2	2	Управляемость. Импульсные и релейно-импульсные	1	0

		управления.		
2	2	Стабилизация программных движений. Дискретные регуляторы.	1	0
3	3	Наблюдаемость динамических систем с неполной обратной связью.	1	0
3	3	Интегральные операторы наблюдения.	0.5	0
3	3	Асимптотические наблюдатели и стабилизация.	0.5	0
4	4	Метод динамического программирования.	1	0
4	4	Линейно-квадратичная задача.	0.5	0
4	4	Оптимальное демпфирование переходных процессов.	0.5	0
5	5	Задачи робастного и адаптивного управления.	1	0
5	5	Численные методы оптимального управления динамическими системами	1	0
<b>Итого:</b>			10	0

### Содержание практических (или семинарских) занятий

№ раздела	№ занятия	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3, 4				
1	1	Аэродинамическая задача Ньютона.	1	0
1	1	Стабилизация спутника по направлению.	1	0
1	1	Задача о мягкой посадке космического аппарата (КА).	1	0
2	2	Синтез оптимального регулятора колебаний.	1	0
2	2	Управление движением с регулируемым трением.	1	0
3	3	Задачи оптимального быстрогодействия.	2	0
4	4	Управление в модели электродвигателя.	1	0
4	4	Снижение мощности ядерного реактора.	1	0
5	5	Задачи управления тепловыми и диффузионными процессами.	3	0
<b>Итого:</b>			12	0

### 3.4. Организация самостоятельной работы обучающегося

№ раздела	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3, 4			
1	Вариационные методы в теории оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе.	15	0

3	Наблюдаемость динамических систем. Асимптотические наблюдатели и стабилизация. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе.	15	0
4	Задачи робастного и адаптивного управления. Численные методы оптимизации. Выполнение домашних и контрольных работ с привлечением специальной научно-технической литературы и программных средств. Участие в НИР аспирантов.	20	0
<b>Итого:</b>		50	0

#### 4. Образовательные технологии по дисциплине

Лекции, практические занятия, коллоквиум, зачет. В течение семестра обучающиеся выполняют практические работы, указанные преподавателем. Внеаудиторная работа обучающихся сопровождается рекомендацией литературы для самостоятельного изучения.

#### 5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

5.1. Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в форме: коллоквиума, практических работ.

Оценочные средства для текущего контроля.

Вопросы к коллоквиуму:

1. Вариационные методы в теории управления.
2. Принцип максимума Понтрягина.
3. Управляемость линейных систем.
4. Импульсные и релейно-импульсные управления.
5. Транспортировка пучков траекторий.
6. Стабилизация программных движений.
7. Дискретные регуляторы.
8. Наблюдаемость динамических систем с неполной обратной связью.
9. Асимптотические наблюдатели и стабилизация.
10. Метод динамического программирования.
11. Линейно-квадратичная задача управления.
12. Оптимальное демпфирование переходных процессов.
13. Задачи робастного и адаптивного управления.
14. Задачи управления и оценивания при случайных возмущениях.
15. Задачи управления тепловыми и диффузионными процессами.
16. Численные методы решения задач оптимального управления.

5.2. Промежуточная аттестация проводится в виде: зачет.

Подробно средства оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Темы собеседований.

#### Тема №1. Вариационные методы в теории управления. Принцип максимума

Классические задачи вариационного исчисления, историческая справка. Вариация интегрального функционала. Необходимые условия экстремума, уравнения Эйлера.

Изопериметрические, многомерные задачи. Достаточные условия экстремума. Прямые методы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления, принцип максимума Понтрягина.

### **Тема №2. Управляемость. Стабилизация программных движений**

Управляемость линейных систем, критерий полной управляемости. Стационарные системы, критерий Калмана. Импульсные и релейно-импульсные управления. Область достижимости. Теоремы Ляпунова об устойчивости движения, метод функций Ляпунова. Стабилизация линейной обратной связью. Дискретные регуляторы.

### **Тема №3. Наблюдаемость динамических систем. Асимптотические наблюдатели**

Интегральные операторы наблюдения линейных систем. Критерий полной наблюдаемости. Наблюдение в условиях неопределенности. Локальная наблюдаемость нелинейных систем. Асимптотические наблюдатели. Стабилизация систем с неполной обратной связью.

### **Тема №4. Динамическое программирование. Линейно-квадратичная задача. Оптимальное демпфирование переходных процессов**

Метод динамического программирования Беллмана. Дискретные задачи оптимального управления и задачи оптимизации с непрерывным временем. Связь с принципом максимума Понтрягина. Линейно-квадратичная задача оптимального управления, аналитическое конструирование регуляторов. Оптимальное демпфирование переходных процессов, связь с методом динамического программирования.

### **Тема №5. Робастное и адаптивное управление. Численные методы оптимизации**

Робастное и адаптивное управление, основные понятия и методология. Методы условной оптимизации в функциональных пространствах. Применение градиентных алгоритмов в задачах оптимального управления динамическими системами.

## **6. Методические рекомендации обучающимся по дисциплине, в том числе для самостоятельной работы**

Самостоятельная работа включает следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы;
- выполнение домашнего задания – решение задач, выдаваемых на практических занятиях;
- чтение статей, рекомендованных преподавателем, по темам для самостоятельного изучения;
- подготовка к зачету.

Рекомендации обучающимся при освоении лекционного материала:

- конспектирование основного содержания лекций;
- для лучшего усвоения материала после лекции рекомендуется прочесть конспект и соответствующий параграф или главу учебника.



## 7. Методические рекомендации преподавателям по дисциплине

Практические работы и коллоквиум оцениваются по системе: зачтено, незачтено. Зачет оценивается по системе: зачтено, незачтено.

На практических занятиях контроль осуществляется при ответе у доски и при проверке практических работ.

Самостоятельная работа обучающихся должна быть направлена на решение следующих задач:

- развитие навыков работы с разноплановыми источниками;
- осуществление эффективного поиска информации;
- развитие навыков самостоятельной работы с периодическими источниками, в том числе, на иностранном языке.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Дисциплина полностью обеспечена учебной литературой, представленной в печатном или электронном виде. Для осуществления образовательной деятельности по дисциплине рекомендуется следующая основная и дополнительная литература.

### 8.1. Основная литература:

1. Афанасьев, В.Н. Математическая теория конструирования систем управления : Учеб. для вузов по спец. "Прикл. математика" / Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. - М. : Высшая школа, 2003. - 614 с.
2. Пантелеев, А. В. Теория управления в примерах и задачах : Учебник / А. В. Пантелеев, А. С. Бортаковский. - Москва : Высшая школа, 2003. - 583 с.
3. Математические методы теории управления: проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости : [монография] / С. В. Емельянов [и др.]. - Москва : Физматлит, 2013. - 197 с.
4. Savov, S. Solution bounds for algebraic equations in control theory / Svetoslav Savov ; Bulgarian Academy of Sciences, Institute of information and communication technologies. - Sofia : Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, 2014. - 205 p.
5. Зубов, В. И. Лекции по теории управления : учебное пособие / В. И. Зубов. - Изд. 2-е, испр. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2009. - 494 с.

### Дополнительная литература:

1. Зубов, В. И. Динамика управляемых систем / В. И. Зубов ; С.-Петерб. гос. ун-т. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Издательство Санкт-Петерб. ун-та, 2004. - 376 с.
2. Острейковский, В. А. Анализ устойчивости и управляемости динамических систем методами теории катастроф : учеб. пособие для вузов / Острейковский В. А. - М. : Высш. шк., 2005. - 325 с.
3. Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов / Учреждение Рос. акад. наук Вычисл. центр им. А. А. Дородницына РАН ; [отв. ред. Ю. Н. Павловский]. - Москва : Вычислительный центр им. А. А. Дородницына РАН, 2009. - 138 с.
4. Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов / Вычислительный центр им. А. А. Дородницына Российской академии наук ; [отв. ред. Ю.

- Н. Павловский]. - Москва : Вычислительный центр им. А. А. Дородницына Российской академии наук, 2012. - 104 с.
5. Прикладные проблемы управления макросистемами / ред. : Ю. С. Попков, В. А. Путилов. - Москва : URSS, [2010]. - 263 с. (Труды Института системного анализа Российской академии наук, Т. 59).
  6. Прикладные проблемы управления макросистемами : сборник статей / под ред. Ю. С. Попкова и В. А. Путилова. - Москва : URSS, [2004]. - 285 с. (Труды Института системного анализа Российской академии наук, Т. 8).
  7. Нелинейная динамика и управление : Сборник статей / МГУ им. М. В. Ломоносова, Факультет ВМиК, РАН, Институт системного анализа ; ред.: С. В. Емельянов, С. К. Коровин. - Москва : Физматли:  
 Вып. 1. - 447 с.(2001 г.)  
 Вып. 2. - 335 с. (2002 г.)  
 Вып. 3. - 335 с.(2003 г.)  
 Вып. 4. - 399 с.(2004 г.)  
 Вып. 5. - 396 с. (2007 г.)  
 Вып. 7. - 398 с. (2010 г.)  
 Вып. 8. - 335 с.(2013 г.)

### 8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Обучающиеся и преподаватели КарНЦ РАН имеют доступ к ряду электронных библиотечных систем, к которым подключена Научная библиотека КарНЦ РАН. Для электронных ресурсов используется лицензионное программное обеспечение.

Для поиска учебной и научной литературы аспиранты используют следующие ЭБС:

- Электронная библиотека Республики Карелия <http://elibrary.karelia.ru/>
- Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>
- другие базы данных размещены на сайте Научной библиотеки КарНЦ РАН в разделах «Электронные научные ресурсы» и «Электронные библиотеки»  
<http://library.krc.karelia.ru/section.php?plang=r&id=894>,  
<http://library.krc.karelia.ru/section.php?plang=r&id=499>.

<b>Интернет-ресурсы</b>	
<a href="http://www.garant.ru">www.garant.ru</a>	Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
<a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>	Университетская библиотека Online
<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>	Электронная библиотека
<a href="http://ndce.edu.ru">http://ndce.edu.ru</a>	Каталог учебников, электронных ресурсов для высшего образования
<a href="http://edu.ru">http://edu.ru</a>	Федеральный портал «Российское образование»
<a href="http://windows.edu.ru">http://windows.edu.ru</a>	Портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
<a href="http://school.edu.ru">http://school.edu.ru</a>	Российский общеобразовательный портал
<a href="http://webofknowledge.com">http://webofknowledge.com</a>	Библиографическая и реферативная база данных Web of

	Science
<a href="http://www.scopus.com/">http://www.scopus.com/</a>	Библиографическая и реферативная база данных Scopus

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническая база КарНЦ РАН обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом и соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Минимально-необходимый перечень для информационно-технического и материально-технического обеспечения дисциплины:

- аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оснащенная рабочими местами для обучающихся и преподавателя, доской, мультимедийным оборудованием;
- библиотека с читальным залом и залом для самостоятельной работы обучающегося, оснащенное компьютером с выходом в Интернет, книжный фонд которой составляет специализированная научная, учебная и методическая литература, журналы (в печатном или электронном виде).