

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет информационных технологий, экономики и управления

Кафедра «Системы управления»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета информационных  
технологий, экономики и  
управления

 И.А. Рычка

«26» ноября 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Оптимальное управление в РХК»**

Направление подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах»  
(уровень магистратуры)

профиль:

«Управление технологическими процессами и установками (в рыбохозяйственном комплексе)»

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах», профиль «Управление технологическими процессами и установками (в рыбохозяйственном комплексе)», и учебного плана ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

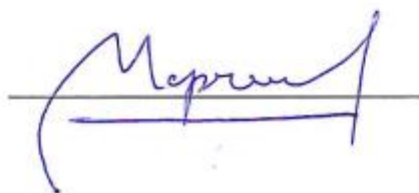
Составитель рабочей программы:  
доцент кафедры СУ, к.т.н.



Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Системы управления»

Протокол № 5 от «26» ноября 2021 года.

«26» ноября 2021 г.



Заведующий кафедрой  
«Системы управления»  
А.А. Марченко

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** заключается в изучении основных теоретических и практических аспектов теории массового обслуживания и ее применения в решении задач в области радиоэлектроники и вычислительной техники.

**Задачи** дисциплины:

- Изучение основных понятий и определений теории массового обслуживания, таких как потоки заявок, каналы обслуживания, интенсивности потоков, вероятности блокировки и т.д.
- Разработка моделей теории массового обслуживания для описания работы технических систем, связанных с РХК, таких как сети передачи данных, компьютерные системы, телекоммуникационное оборудование и т.д.
- Изучение методов анализа моделей теории массового обслуживания с использованием математических инструментов, таких как теория вероятностей, статистика и численные методы.
- Оценка производительности технических систем, связанных с РХК, на основе анализа моделей теории массового обслуживания.
- Разработка методов управления и оптимизации технических систем, связанных с РХК, с использованием теории массового обслуживания.
- Изучение примеров практического применения теории массового обслуживания в области РХК, таких как проектирование сетей передачи данных, управление серверами, планирование трафика и т.д.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Оптимальное управление в РХК» направлена на освоение следующих компетенций основной профессиональной образовательной программы по направлению 27.04.04 «Управление в технических системах» федерального государственного образовательного стандарта высшего образования:

- Способен осуществлять научное руководство проведением исследований по отдельным задачам (ПК-1).
- Способен разрабатывать структуры АСУП (ПК-2).

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице.

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ПК-1	Способен осуществлять научное руководство проведением исследований по	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает методы проведения исследований и разработок	<b>Знать:</b> методы проведения исследований и разработок	З(ПК-1)1

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
	отдельным задачам	<p><b>ИД-2</b><sub>ПК-1</sub> Умеет оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (патенты, научно-техническая документация)</p> <p><b>ИД-3</b><sub>ПК-1</sub> Владеет навыками организации сбора и изучения научно-технической информации по теме</p>	<p><b>Уметь:</b> оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (патенты, научно-техническая документация)</p> <p><b>Владеть:</b> владеет навыками организации сбора и изучения научно-технической информации по теме</p>	<p><b>У(ПК-1)1</b></p> <p><b>В(ПК-1)1</b></p>
<b>ПК-2</b>	Способен разрабатывать структуры АСУП	<p><b>ИД-1</b><sub>ПК-2</sub> Знает основные понятия в области автоматизированных систем управления производством</p> <p><b>ИД-2</b><sub>ПК-2</sub> Умеет выявлять элементы системы управления, нуждающиеся в автоматизации</p> <p><b>ИД-3</b><sub>ПК-2</sub> Владеет навыками разработки плана создания и внедрения АСУП</p>	<p><b>Знать:</b> основные понятия в области автоматизированных систем управления производством</p> <p><b>Уметь:</b> выявлять элементы системы управления, нуждающиеся в автоматизации</p> <p><b>Владеть:</b> навыками разработки плана создания и внедрения АСУП</p>	<p><b>З(ПК-2)1</b></p> <p><b>У(ПК-2)1</b></p> <p><b>В(ПК-2)1</b></p>

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Оптимальное управление в РХК» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Тематический план дисциплины

*Заочная форма обучения*

Наименование разделов и тем	Всего часов	Контактная работа	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по дисциплине
			Лекции	Семинары (практические занятия)	Лабораторные работы			
<b>Тема 1.</b> Постановка задачи оптимального управления	19	1	1	-	-	18	Опрос, РЗ, тест	
<b>Тема 2.</b> Основная теорема принципа максимума Л.С. Понтрягина	23	5	1	-	4	18	Опрос, РЗ, тест	
<b>Тема 3.</b> Задача о быстродействии	29	1	1	-	-	18	Опрос, РЗ, тест	
<b>Тема 4.</b> Оптимальное по быстродействию управление линейным объектом второго порядка	20	1	1	-	-	19	Опрос, РЗ, тест	
<b>Тема 5.</b> Уравнение р. Беллмана в частных производных	23	4	-	-	4	19	Опрос, РЗ, тест	
<b>Зачет с оценкой</b>							Опрос	
<b>Всего</b>	<b>108</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>92</b>		<b>4</b>

\*ПЗ – практическое задание, РЗ – решение задач, КС – конкретная ситуация

## 4.2. Содержание дисциплины

### **Тема 1. Постановка задачи оптимального управления**

#### *Лекция*

Управляемый динамический объект. Критерий качества управления – оптимизируемый функционал. Ограничения на траекторию. Преобразование локальных ограничений в интегральные. Ограничения на управление. Совместные ограничения (стандартная задача). Две формы решения задач оптимального управления. Необходимые условия оптимальности в задаче Больца. Необходимые условия минимума в задаче Больца в канонических переменных.

### **Тема 2. Основная теорема принципа максимума Л.С. Понтрягина**

#### *Лекция*

Формулировка теоремы. Примеры решения задач оптимального управления. О доказательстве принципа максимума.

#### *Лабораторная работа*

Лабораторная работа №1. Исследование теоремы принципа максимума Л.С. Понтрягина

### **Тема 3. Задача о быстродействии**

#### *Лекция*

Основная теорема принципа максимума для автономной задачи быстродействия. Пример решения задачи оптимального быстродействия для линейного объекта второго порядка в С-форме и в П-форме. Изохроны и область управляемости. Теорема об  $n$  интервалах. Переход от передаточной функции к дифференциальным уравнениям в нормальной форме (от переменных «вход-выход» к переменным состояниям). Пример вычисления оптимального по быстродействию управления линейным объектом третьего порядка.

### **Тема 4. Оптимальное по быстродействию управление линейным объектом второго порядка**

#### *Лекция*

Узел. Два вещественных, ненулевых и одинаковых по знаку собственных значения. Узел с кратными собственными значениями. Седло. Ненулевые и разные по знаку собственные значения. Динамический объект с одним нулевым собственным значением. Центр. Пара сопряженных мнимых собственных значений. Фокус. Пара сопряженных комплексных собственных значений.

### **Тема 5. Уравнение р. Беллмана в частных производных**

#### *Лекция*

Принцип оптимальности и уравнение Беллмана. Решение нестационарной задачи аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР). Решение стационарной задачи АКОР. Пример решения стационарной задачи АКОР. Теорема Ю. М. Репина и В. Е. Третьякова. Показатели качества переходного процесса.

#### *Лабораторная работа*

Лабораторная работа №2. Исследование уравнения р. Беллмана в частных производных

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Оптимальное управление в РХК» является важной составляющей частью подготовки студентов по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах» и выполняется в соответствии

с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) и учебным планом КамчатГТУ.

Самостоятельная работа студентов ставит своей целью:

1. Развитие навыков ведения самостоятельной работы;
2. Приобретение опыта систематизации полученных результатов исследований, формулировку новых выводов и предложений как результатов выполнения работы;
3. Развитие умения использовать научно-техническую литературу и нормативно-методические материалы в практической деятельности;
4. Приобретение опыта публичной защиты результатов самостоятельной работы.

Внеаудиторная самостоятельная работа при изучении курса включает в себя следующие виды работ:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к практическим и лабораторным работам;
- подготовка к текущему и итоговому контролю знаний по дисциплине.

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Оптимальное управление в РХК» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;

методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

### **Примерный перечень вопросов к промежуточной аттестации**

1. Что такое оптимальное управление.
2. Управляемый динамический объект.
3. Критерий качества управления – оптимизируемый функционал.
4. Ограничения на траекторию.
5. Преобразование локальных ограничений в интегральные.
6. Ограничения на управление.
7. Совместные ограничения (стандартная задача).
8. Две формы решения задач оптимального управления.
9. Необходимые условия оптимальности в задаче Больца.
10. Необходимые условия минимума в задаче Больца в канонических переменных.
11. Формулировка теоремы.
12. Примеры решения задач оптимального управления. О доказательстве принципа максимума.
13. Основная теорема принципа максимума для автономной задачи быстрогодействия.

14. Пример решения задачи оптимального быстродействия для линейного объекта второго порядка в С-форме и в П-форме.
15. Изохроны и область управляемости.
16. Теорема об  $n$  интервалах.
17. Переход от передаточной функции к дифференциальным уравнениям в нормальной форме (от переменных «вход-выход» к переменным состояния).
18. Пример вычисления оптимального по быстродействию управления линейным объектом третьего порядка.
19. Два вещественных, ненулевых и одинаковых по знаку собственных значения.
20. Узел с кратными собственными значениями.
21. Седло. Ненулевые и разные по знаку собственные значения.
22. Динамический объект с одним нулевым собственным значением.
23. Центр.
24. Пара сопряженных мнимых собственных значений.
25. Фокус. Пара сопряженных комплексных собственных значений.
26. Принцип оптимальности и уравнение Беллмана.
27. Решение нестационарной задачи аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР).
28. Решение стационарной задачи АКОР.
29. Пример решения стационарной задачи АКОР.
30. Теорема Ю. М. Репина и В. Е. Третьякова.
31. Показатели качества переходного процесса.

## **7. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### *7.1 Основная литература*

1. Масленников И. М. Практикум по автоматике и системам управления производственными процессами Учебное пособие для вузов. – М.: Химия, 1986. – 336 с.
2. Баранов Л. А., Головичер Я. М., Ерофеев Е. В., Максимов В. М. Микропроцессорные системы автоведения электроподвижного состава. –М.: Транспорт. 1990. – 272 с.

### *7.1 Дополнительная литература*

3. Милютин А. А., Илютович А. Е., Осмоловский Н. П., Чуканов С. В. Оптимальное управление в линейных системах. – М.: Наука, 1993. –268 с.
4. Бельский В. З. Оптимальное управление: принцип максимума и динамическое программирование: (Учеб. пособие). – М.: Рос. экон. шк., 2001. – 114 с

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»**

1. Электронно-библиотечная система «eLibrary»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>.



2. Электронная библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Электронные данные – Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/>.
3. Электронная информационная образовательная среда LMS Moodle [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lk.kstu.su>.

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лабораторная работа – это выполнение студентами под руководством преподавателя или по инструкции заданий (решение задач, написание программ) с применением персонального компьютера.

В ходе лабораторных работ студенты воспринимают и осмысливают новый учебный материал. Лабораторные занятия носят систематический характер, регулярно следуя за лекционными занятиями. Лабораторные работы выполняются согласно графику, при этом соблюдается принцип индивидуального выполнения работ.

Обучающийся должен подготовить отчет к каждой лабораторной работе, предусмотренной планом.

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо заранее изучить методические рекомендации по его проведению. Обратит внимание на цель занятия, на основные вопросы для подготовки к занятию, на содержание темы занятия.

## **10. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)**

В соответствии с учебным планом курсовое проектирование по дисциплине «Оптимальное управление в РХК» не предусмотрено.

## **11. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

1. операционные системы Astra Linux (или иная операционная система, включенная в реестр отечественного программного обеспечения);
2. комплект офисных программ Р-7 Офис (в составе текстового процессора, программы работы с электронными таблицами, программные средства редактирования и демонстрации презентаций);
3. программа проверки текстов на предмет заимствования «Антиплагиат».

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

На кафедре имеются аудитории для проведения лекционных занятий и компьютерные классы для проведения лабораторных занятий.

Учебная аудитория 7-513 «Лаборатория разработки программного обеспечения» для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оборудована 8 персональными компьютерами.

Учебная аудитория 7-517 «Лаборатория научно-исследовательской работы», «Кабинет самостоятельной работы студентов». Оборудована 7 персональными компьютерами.

