




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)


---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
В.Ф. Филаретов  
(подпись)  
22 июня 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой  
автоматизации и управления

  
В.Ф. Филаретов  
(подпись)  
22 июня 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Методы и теория оптимальных систем управления  
**Направление подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника**  
Магистерская программа «Мехатроника и робототехника»  
**Форма подготовки очная**

курс 1 семестр 2  
лекции 18 час.  
практические занятия 36 час.  
лабораторные работы – не предусмотрено учебным планом  
в том числе с использованием МАО лек. 6 /пр. 12/ лаб. 0 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 54 час.  
в том числе с использованием МАО 18 час.  
самостоятельная работа 54 час.  
в том числе на подготовку к экзамену – 27 час.  
контрольные работы – не предусмотрено учебным планом  
курсовая работа / курсовой проект – не предусмотрено учебным планом  
зачет – не предусмотрено учебным планом  
экзамен 2 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 г. № 12-13-1282

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации и управления, протокол №10 от 21 июня 2018 г.

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.Ф. Филаретов

Составитель (ли): д.т.н., доцент А.В. Лебедев

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (В.Ф. Филаретов)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (В.Ф. Филаретов)

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Методы и теория оптимальных систем управления»**

Дисциплина «Методы и теория оптимальных систем управления» реализуется на 1 курсе направления подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника», магистерская программа «Мехатроника и робототехника». Дисциплина включена в базовую часть Блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана (Б1.Б.3).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов (3 з.е.). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 часов), практические занятия (36 часов) и самостоятельная работа студента (54 часа, в том числе 27 часов на экзамен). Дисциплина реализуется на 1 курсе во 2 семестре. Форма контроля – экзамен.

Для изучения настоящей дисциплины необходимо знание основ дисциплин «Математические основы теории автоматического управления», «Оптимальные системы управления», «Теория автоматического управления», «Системы управления роботами».

**Целью** дисциплины является изучение математического аппарата и основных методов теории оптимальных систем автоматического управления (САУ), развитие у них практических навыков решения типовых оптимизационных задач.

### **Задачи дисциплины:**

1. Изучение математического аппарата вариационного исчисления.
2. Изучение основных критериев оптимизации и методов анализа и синтеза оптимальных систем.
3. Изучение основных преимуществ и областей применения различных типов оптимальных систем управления.

Для успешного изучения дисциплины «Методы и теория оптимальных систем управления» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);

- владение физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем (ОПК-2).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-9 Способность к самостоятельному обучению с помощью современных информационных технологий новым методам исследования, к постоянному обновлению и расширению своих знаний, к изменению в случае необходимости научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности	Знает	Знает способы использования современных информационных технологий для обновления и расширения своих знаний
	Умеет	Использовать современные информационные технологии для самостоятельного обучения новым методам исследования и постоянного обновления и расширения своих знаний
	Владеет	Навыками самостоятельного обучения с помощью современных информационных технологий
ОК-10 Способность использовать в практической деятельности новые знания и умения, как относящиеся к своему научному направлению, так и, в новых областях знаний, непосредственно не связанных с профессиональной сферой деятельности	Знает	Основные способы поиска новых знаний и умений, как относящиеся к своему научному направлению, так и, в новых областях знаний
	Умеет	Использовать в практической деятельности новые знания и умения
	Владеет	Методами поиска и использования новых знаний и умений, как относящиеся к своему научному направлению, так и, в новых областях знаний
ОПК-1 Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Знает	Законы и методы естественных наук и математики, необходимые для решения поставленных задач
	Умеет	Применять законы и методы естественных наук и математики, необходимые для решения поставленных задач
	Владеет	Методами и средствами представления адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе законов и методов естественных наук и математики
ОПК-2 Владение в полной мере основным физико-математическим аппаратом, необходимым для описания и исследования разрабатываемых систем и устройств	Знает	Физические законы и математический аппарат, необходимые для решения поставленных задач
	Умеет	Применять математический аппарат, необходимый для решения поставленных задач

	Владеет	Методами и средствами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности на основе соответствующего физико-математического аппарата
ПК-2 способность использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования	Знает	Способы обработки результатов экспериментальных исследований. Методы статистической обработки данных. Методы синтеза и анализа аналоговых и цифровых схем.
	Умеет	Использовать существующее и разрабатывать программное обеспечение для управления мехатронными системами.
	Владеет	Современными программными средствами для выполнения численного эксперимента и моделирования динамических систем.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Методы и теория оптимальных систем управления» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: «практическое занятие – развернутая беседа» с обсуждением решенной задачи, «лекция-диспут».

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **(18 час.)**

#### **МОДУЛЬ 1. Основные понятия вариационного исчисления (6 час.).**

##### **Раздел I. Понятие об оптимальном управлении (3 час.).**

##### **Тема 1. Обобщенная структура САУ (1.5 час.).**

Элементы системы автоматического управления. Координаты состояния. Полностью наблюдаемый и полностью управляемый объект. Задача управления.

##### **Тема 2. Постановка задачи оптимального управления и критерии оптимизации (1.5 час.).**

Общий вид уравнений динамики объекта управления. Допустимое управление. Функционал как критерий качества процесса управления. Первая задача оптимального управления (программное управление). Вторая задача оптимального управления (синтез оптимального регулятора). Типы критериев

оптимизации. Критерий быстродействия. Квадратичный критерий. Критерий расхода рабочего тела на управление. Комбинированный критерий.

## **Раздел II. Элементы вариационного исчисления (3 час.).**

### **Тема 1. Определение и свойства функционалов (1.5 час.).**

Определение функционала. Примеры функционалов. Функциональные пространства. Непрерывность и линейность функционалов. Свойства линейных и квадратичных функционалов.

### **Тема 2. Экстремум функционала. Лекция-диспут (1.5 час.).**

Перечень вопросов для обсуждения.

Каково определение дифференцируемости функционалов?

Что такое первая и вторая вариация функционала?

Как определить понятие экстремума функционала?

Какие существуют необходимые и достаточные условия экстремума?

## **МОДУЛЬ 2. Вариационное исчисление в теории оптимальных систем (6 час.).**

### **Раздел I. Задачи на экстремум функционалов (3 час.).**

#### **Тема 1. Основные задачи вариационного исчисления (1.5 час.).**

Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнение Эйлера. Теорема Лежандра. Экстремум функционала от нескольких функций. Система уравнений Эйлера-Лагранжа. Экстремум функционала от функции и ее производных. Уравнение Эйлера-Пуассона.

#### **Тема 2. Задачи на условный экстремум. Лекция-диспут (1.5 час.).**

Перечень вопросов для обсуждения.

В чем заключается постановка задачи на условный экстремум и каково ее отличие от задачи на безусловный экстремум?

Что такое условия связи и как они формулируются в задачах Лагранжа с голономными и неголономными связями?

Для чего вводятся множители Лагранжа?

Какие существуют типы задач на условный экстремум?

## **Раздел II. Синтез оптимальных систем с помощью вариационного исчисления (3 час.).**

### **Тема 1. Синтез оптимальной по квадратичному критерию линейной системы (1.5 час.).**

Постановка задачи синтеза как задачи на безусловный экстремум. Квадратичный функционал как критерий оптимизации. Особенности задания граничных условий. Форма записи и решение уравнения Эйлера-Пуассона. Свойство корней характеристического уравнения. Характеристический многочлен оптимальной системы.

### **Тема 2. Синтез оптимального линейного регулятора. Лекция-диспут (1.5 час.).**

Перечень вопросов для обсуждения.

Является ли задача синтеза оптимального линейного регулятора задачей на условный экстремум?

Какой критерий оптимизации следует выбирать при решении данной задачи?

Как записываются граничные условия и условия связи?

Каковы особенности формы записи и метода решения системы уравнений Эйлера-Лагранжа?

Каким образом в предложенной постановке задачи можно сформировать уравнения и структуру оптимального регулятора?

## **МОДУЛЬ 3. Методы синтеза оптимальных систем (6 час.).**

### **Раздел I. Принцип максимума Понтрягина (3 час.).**

#### **Тема 1. Основная теорема принципа максимума (1.5 час.).**

Модифицированная постановка задачи оптимального управления. Ограничения на управление. Основная теорема принципа максимума для функционала общего вида. Принцип максимума для оптимальности по быстродействию. Оптимальное по быстродействию управление стационарным линейным объектом. Теорема об  $n$ -интервалах. Управление линейным объектом, оптимальное по расходу топлива.

#### **Тема 2. Принцип максимума в теории оптимальных систем (1.5 час.).**

Синтез оптимальных по квадратичному критерию систем управления. Нестационарный объект управления. Матричное дифференциальное уравнение Риккати. Стационарный объект управления. Матричное алгебраическое уравнение Риккати. Матричное уравнение и структурная схема оптимального регулятора.

## **Раздел II. Метод динамического программирования (3 час.).**

### **Тема 1. Принцип оптимальности Беллмана (1.5 час.).**

Многошаговый процесс. Оптимальная стратегия. Обобщенная формулировка принципа оптимальности. Принцип оптимальности в задаче управления непрерывными системами. Общий вид уравнения Беллмана. Уравнение Беллмана для стационарной задачи. Уравнение Беллмана для задачи оптимальности по быстродействию.

### **Тема 2. Применение принципа оптимальности Беллмана для синтеза оптимальных линейных регуляторов. Лекция-диспут (1.5 час.).**

Перечень вопросов для обсуждения.

Каков алгоритм синтеза оптимального управления для нестационарной линейной системы?

Как получить уравнение Беллмана при использовании квадратичного критерия?

Каким образом формируется оптимальное управление для стационарной линейной системы?

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (36 час.)**

#### **Занятие 1. Решение задач вариационного исчисления (12 час.)**

В ходе занятия студенты знакомятся с основными принципами решения задач вариационного исчисления, изучают способы определения необходимых и достаточных условий экстремума функционала в простейшей задаче вариационного исчисления. Далее студенты решают различные задачи Лагранжа на условный экстремум и проводят синтез оптимальной по квадратичному критерию линейной системы методом вариационного исчисления.



**Занятие 2. Применение принципа максимума для решения задач оптимального управления. Занятие выполняется по методу «развернутая беседа» (12 час.)**

На занятии рассматриваются методы синтеза оптимальных по быстродействию, по расходу топлива и по квадратичному критерию систем управления на основе принципа максимума. Студенты ищут пути решения поставленных задач, обсуждают особенности применяемого метода при использовании различных критериев оптимальности.

**Занятие 3. Применение принципа оптимальности Беллмана для решения задач оптимального управления. (12 час.)**

В процессе работы на занятии студенты составляют и решают уравнения Беллмана для нелинейных объектов второго порядка. Далее студенты синтезируют оптимальные линейные регуляторы на основе принципа оптимальности для стационарной и нестационарной системы.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Методы и теория оптимальных систем управления» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

рекомендации по самостоятельной работе студентов;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Понятие об оптимальном управлении	ОК-9, ОК-10, ОПК-1	знает	дискуссия (УО-4)	экзамен, вопрос 1 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
2	Элементы вариационного исчисления	ОК-9, ОК-10, ОПК-1, ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 2-4 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
3	Задачи на экстремум функционалов	ОК-9, ОК-10, ОПК-1, ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 5-9 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
4	Синтез оптимальных систем с помощью вариационного исчисления	ОК-9, ОК-10, ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 10, 11 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
5	Принцип максимума Понтрягина	ОК-9, ОК-10, ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 12-16 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
6	Метод динамического программирования	ОК-9, ОК-10, ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 17-20 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен

			работа (ПР-2)	
		владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен

Типовые контрольные вопросы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:398350&theme=FEFU> Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2012. – 831 с.
2. <http://e.lanbook.com/view/book/538/page1/> Коновалов Б.И., Лебедев Ю. М. Теория автоматического управления. СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 224 с.
3. <http://e.lanbook.com/view/book/38841/page2/> Певзлер Л.Д. Теория систем управления. СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 424 с.
4. <http://e.lanbook.com/view/book/40006/> Предко М. Устройства управления роботами. – М. ДМК Пресс, 2010. – 404 с.
5. <http://znanium.com/bookread.php?book=188363> Управление техническими системами. Е.Б. Бунько, К.И. Меша, Е.Г. Мурачев и др.; Под ред. В.И. Харитонова. - М.: Форум, 2010. - 384 с.
6. <http://znanium.com/bookread.php?book=430323> Современная автоматика в системах управления технологическими процессами: Учебное пособие / В.П. Ившин, М.Ю. Перухин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 400 с.

**Дополнительная литература**  
(электронные и печатные издания)

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб.: Профессия, 2007. – 749 с.
2. Теория автоматического управления: Учебник для вузов в 2-х ч. Ч. II. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления / Под ред. акад. А.А.Воронова. М.: Высшая школа, 2001.
3. Иванов В.А., Фалдин Н.В. Теория оптимальных систем автоматического управления. М.: Наука, 1981.
4. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. В.А.Бесекерского. М.: Наука, 1972.
5. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. М.: Наука, 1965.
6. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С.Понтрягин, В.Г.Болтянский, Р.В.Гамкрелидзе, Е.Ф.Мищенко. М.: Наука, 1983.
7. Куропаткин П.В. Оптимальные и адаптивные системы. М.: Высшая школа, 1980.
8. Чураков Е.П. Оптимальные и адаптивные системы. Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1987.
9. Задачник по теории автоматического управления / Под ред. А.С.Шаталова. М.: Энергия, 1971.
10. Топчеев Ю.И., Цыпляков А.П. Задачник по теории автоматического регулирования. Учебн. пособие для вузов. М.: Машиностроение, 1977.
11. <http://window.edu.ru/resource/880/56880> Громов Ю.Ю., Земской Н.А., Лагутин А.В., Иванова О.Г., Тютюнник В.М. Специальные разделы теории управления. Оптимальное управление динамическими системами: Учебное пособие. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2007. – 153 с.
12. <http://window.edu.ru/resource/737/24737> Туманов М.П. Теория управления. Теория импульсных, дискретных и нелинейных САУ: Учебное пособие. – М.: МГИЭМ., 2005. – 63 с.

13. <http://window.edu.ru/resource/205/41205> Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB.– СПб.: Наука, 1999.–475с.

14. <http://window.edu.ru/resource/439/73439> Григорьев В.В., Быстров С.В., Бойков В.В., Болтунов Г.И., Мансурова О.К. Цифровые системы управления: Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 133 с.

15. <http://window.edu.ru/resource/926/69926> - Юревич Е.И. Основы проектирования техники: Учебное пособие. - СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2012. - 134 с.

16. <http://window.edu.ru/resource/684/78684> - Тertyчный-Даури В.Ю. Динамика робототехнических систем: Учебное пособие. - СПб.: НИУ ИТМО, 2012. - 128 с.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <https://e.lanbook.com/> – Электронно-библиотечная система Лань.
2. <http://znanium.com/> – Электронно-библиотечная система Znanium.com.
3. <http://window.edu.ru/> – Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».
4. <http://www.mathworks.com/help/documentation-center.html> – документация по использованию функций Matlab.
5. <http://matlab.exponenta.ru> – русскоязычный сайт со справочными материалами по различным пакетам Matlab.

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

1. Microsoft Word,
2. Microsoft Excel,
3. Microsoft PowerPoint
4. Microsoft Internet Explorer.
5. Matlab

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

На изучение дисциплины отводится 54 часа аудиторных занятий (18 часов лекций и 36 часов практических занятий) и 54 часа самостоятельной работы.

При изучении дисциплины необходимо освоить базовый подход к решению задач оптимального управления на основе теории вариационного исчисления, а также методологию применения принципа максимума Понтрягина и принципа оптимальности Беллмана для построения оптимальных систем управления.

При этом следует классифицировать различные критерии оптимальности в зависимости от технической задачи, поставленной перед разработчиком конкретной системы управления. В ходе освоения курса требуется углубленное изучение элементов теории вариационного исчисления как математической основы методов синтеза оптимальных систем. При этом особое внимание следует уделить классификации задач оптимального управления (задачи на условный и безусловный экстремум, простейшая задача вариационного исчисления, задача Майера, задача Больца и т.д.) и выбору метода их решения. Важно определить преимущества подходов, основанных на использовании принципа максимума и метода динамического программирования, при синтезе различных типов оптимальных систем, выявить их взаимосвязь и внутреннее единство.

При изучении данной дисциплины используются учебные пособия, которые доступны в фондах НБ ДВФУ в соответствующих разделах.

### **Требования к представлению и оформлению результатов работы**

Изложение выполненного задания должно быть сжатым, ясным и сопровождаться цифровыми данными и рисунками, если требуется.

Материал в реферате представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;

- материал по теме индивидуального задания;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Материалы должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Отчет по заданию выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4.

Основная часть и приложения нумеруются сплошной нумерацией. Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

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

Для проведения исследований, связанных с выполнением задания по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требова-

ниям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ:

<b>Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.
Мультимедийная аудитория	проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avergence; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS)





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Методы и теория оптимальных систем управления»**

**Направление подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника**

**Магистерская программа «Мехатроника и робототехника»**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2018**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	2 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №1	3 ч.	Защита работы
2	4 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №2	3 ч.	Защита работы
3	6 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №3	3 ч.	Защита работы
4	8 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №4	3 ч.	Защита работы
5	10 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №5	3 ч.	Защита работы
6	12 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №6	3 ч.	Защита работы
7	14 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №7	3 ч.	Защита работы
8	16 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №8	3 ч.	Защита работы
9	18 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №9	3 ч.	Защита работы

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов представлена в виде изучения соответствующей литературы в процессе выполнения индивидуальных заданий.

Существенной ошибкой студентов при работе с учебной литературой является полное медленное чтение без анализа текста. Такой режим чтения литературы малоэффективен, поскольку читатель не концентрирует свое внимание на основных частях текста, не выделяет теоретические положения и основные факты, не анализирует систему доказательств автора, логику его изложения. При таком чтении не происходит совершенствования основных интеллектуальных операций, а информация запоминается с трудом, после неоднократных повторений, и воспроизводится в дальнейшем не оперативно, с пропусками и искажениями.

Важнейшим условием рациональной организации работы с книгой является умение четко сформулировать цели и выбрать оптимальный способ чтения. При этом следует помнить о двух основных целях работы с научной литературой:

- приобретение необходимой информации;

- развитие своих способностей, прежде всего, логической памяти, мышления, внимания.

Оптимизация чтения должна осуществляться путем организации и согласования четырех уровней процесса понимания: прагматического, синтаксического, семантического и онтологического.

*Прагматический уровень* – рассмотрение чтения в плане установок и отношений к самому процессу и осознания собственных психических состояний, вызываемых текстом. Чтение – это труд и творчество. Данный уровень дает возможность читателю ответить на вопрос, для каких целей я это читаю, насколько это полезно и необходимо для меня, что это мне дает?

*Синтаксический уровень* предполагает расширение символического и словарного запаса, позволяет увеличить мощность и емкость знакового блока внутренней модели мира, формирует способы соотнесения и перехода от одной знаковой системы к другой. Другими словами данный уровень чтения способствует сознательно или неосознанно развитию у читателя ряда способностей, формируя при этом методологические и гносеологические основы.

*Семантический уровень* предполагает чтение по выявлению смысла на макро и микро уровне, то есть как отдельных частей текста, так и всего текста в целом. Он позволяет выявить логику и сущностные характеристики его. Важной чертой данного уровня является возможность читателя выделить смысл для себя.

*Онтологический уровень* чтения включает анализ целей и его места среди других видов деятельности. Он формирует умения ориентировать и регулировать текущее и перспективное чтение, отбирать материалы для чтения, регулировать и организовывать каждый из четырех уровней. И в целом он помогает свободно ориентироваться в огромном потоке информации.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Изложение выполненного задания должно быть сжатым, ясным и сопровождаться цифровыми данными и рисунками, если требуется.

Материал в реферате представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Материалы должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Отчет по заданию выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4.

Основная часть и приложения нумеруются сплошной нумерацией. Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

1. 10-9 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все пункты задания. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

2. 8-7 баллов: работа выполнена полностью; допущено одна-две ошибки в оформлении работы. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

3. 7-6 балл: работа выполнена полностью; допущено не более 2 ошибок при оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

4. 6-5 баллов: работа выполнена; допущено три или более трех ошибок в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Методы и теория оптимальных систем управления»**  
**Направление подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника**  
**Магистерская программа «Мехатроника и робототехника»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2018**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-9 Способность к самостоятельному обучению с помощью современных информационных технологий новым методам исследования, к постоянному обновлению и расширению своих знаний, к изменению в случае необходимости научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности	Знает	Знает способы использования современных информационных технологий для обновления и расширения своих знаний
	Умеет	Использовать современные информационные технологии для самостоятельного обучения новым методам исследования и постоянного обновления и расширения своих знаний
	Владеет	Навыками самостоятельного обучения с помощью современных информационных технологий
ОК-10 Способность использовать в практической деятельности новые знания и умения, как относящиеся к своему научному направлению, так и, в новых областях знаний, непосредственно не связанных с профессиональной сферой деятельности	Знает	Основные способы поиска новых знаний и умений, как относящиеся к своему научному направлению, так и, в новых областях знаний
	Умеет	Использовать в практической деятельности новые знания и умения
	Владеет	Методами поиска и использования новых знаний и умений, как относящиеся к своему научному направлению, так и, в новых областях знаний
ОПК-1 Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Знает	Законы и методы естественных наук и математики, необходимые для решения поставленных задач
	Умеет	Применять законы и методы естественных наук и математики, необходимые для решения поставленных задач
	Владеет	Методами и средствами представления адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе законов и методов естественных наук и математики
ОПК-2 Владение в полной мере основным физико-математическим аппаратом, необходимым для описания и исследования разрабатываемых систем и устройств	Знает	Физические законы и математический аппарат, необходимые для решения поставленных задач
	Умеет	Применять математический аппарат, необходимый для решения поставленных задач
	Владеет	Методами и средствами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности на основе соответствующего физико-математического аппарата
ПК-2 способность использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабаты-	Знает	Способы обработки результатов экспериментальных исследований. Методы статистической обработки данных. Методы синтеза и

вать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования		анализа аналоговых и цифровых схем.
	Умеет	Использовать существующее и разрабатывать программное обеспечение для управления мехатронными системами.
	Владеет	Современными программными средствами для выполнения численного эксперимента и моделирования динамических систем.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Понятие об оптимальном управлении	ОК-9, ОК-10, ОПК-1	знает	дискуссия (УО-4)	экзамен, вопрос 1 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
2	Элементы вариационного исчисления	ОК-9, ОК-10, ОПК-1, ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 2-4 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
3	Задачи на экстремум функционалов	ОК-9, ОК-10, ОПК-1, ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 5-9 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
4	Синтез оптимальных систем с помощью вариационного исчисления	ОК-9, ОК-10, ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 10, 11 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
5	Принцип максимума Понтрягина	ОК-9, ОК-10, ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 12-16 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен

			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
6	Метод динамического программирования	ОК-9, ОК-10, ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 17-20 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
(ОК-9) Способность к самостоятельному обучению с помощью современных информационных технологий новым методам исследования, к постоянному обновлению и расширению своих знаний, к изменению в случае необходимости научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности	знает (пороговый уровень)	Способы использования современных информационных технологий для обновления и расширения своих знаний.	Знание основных подходов и методов использования в процессе обучения современных информационных технологий.	Способность сформулировать основные подходы и методы использования в процессе обучения современных информационных технологий.
	умеет (продвинутый)	Использовать современные информационные технологии для самостоятельного обучения новым методам исследования и постоянного обновления и расширения своих знаний.	Умение использовать современные информационные технологии для самостоятельного обучения новым методам исследования и постоянного обновления и расширения своих знаний в области теории автоматического управления.	Способность эффективно применять современные информационные технологии для самостоятельного обучения новым методам исследования и постоянного обновления и расширения своих знаний в области теории автоматического управления.
	владеет (высокий)	Навыками самостоятельного обучения с помощью современных информационных технологий.	Владение навыками самостоятельной постановки задач в ходе обучения и поиска методов их решения с использованием современных информационных технологий.	Способность продемонстрировать навыки самостоятельной постановки задач в ходе обучения и поиска методов их решения с использованием современных информационных технологий.
(ОК-10) Способность использовать в практической деятельности новые зна-	знает (пороговый уровень)	Основные способы поиска новых знаний и умений, как относящиеся к своему научному направлению, так и в новых областях знаний.	Знание принципов поиска и овладения новыми знаниями и умениями как в области теории автоматического управления, так и в смежных предметных	Способность сформулировать основные принципы поиска и овладения новыми знаниями и умениями как в области теории автоматического управ-



<p>ния и умения, как относящиеся к своему научному направлению, так и, в новых областях знаний, непосредственно не связанных с профессиональной сферой деятельности</p>			областях.	ления, так и в смежных предметных областях.
	умеет (продвинутый)	Использовать в практической деятельности новые знания и умения.	Умение использовать в практической деятельности по синтезу оптимальных систем новые знания и умения в области теории автоматического управления.	Способность эффективно применять получаемые при обучении новые знания и умения при синтезе оптимальных систем управления, а также при проведении исследований в смежных областях теории автоматического управления.
	владеет (высокий)	Методами поиска и использования новых знаний и умений, как относящиеся к своему научному направлению, так и, в новых областях знаний.	Владение методами поиска и использования новых знаний и умений в различных предметных областях.	Способность воспользоваться в процессе обучения методами поиска и использования новых знаний и умений.
<p>(ОПК-1) Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики</p>	знает (пороговый уровень)	Законы и методы естественных наук и математики, необходимые для решения поставленных задач.	Знание законов и методов естественных наук и математики, необходимых для решения задач в области теории оптимальных систем управления.	Способность сформулировать основные естественнонаучные и математические законы и методы, необходимые для решения задач в области теории оптимальных систем управления.
	умеет (продвинутый)	Применять законы и методы естественных наук и математики, необходимые для решения поставленных задач.	Умение использовать при решении задач синтеза и анализа оптимальных систем управления требуемые при этом законы и методы естественных наук и математики.	Способность применять при решении задач синтеза и анализа оптимальных систем управления требуемые при этом законы и методы естественных наук и математики.
	владеет (высокий)	Методами и средствами представления адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе законов и методов естественных наук и математики.	Владение методами и средствами представления адекватной современному уровню знаний научной картины мира, в том числе в области создания сложных технических систем, на основе законов и методов естественных наук и математики.	Способность продемонстрировать навыки владения методами и средствами представления адекватной научной картины мира, в том числе в области создания сложных технических систем, на основе законов и методов естественных наук и математики.

(ОПК-2) Владение в полной мере основным физико-математическим аппаратом, необходимым для описания и исследования разрабатываемых систем и устройств	знает (пороговый уровень)	Физические законы и математический аппарат, необходимые для решения поставленных задач.	Знание физических законов и математического аппарата, необходимых для решения задач в области теории оптимальных систем управления.	Способность сформулировать основные физические и математические законы и методы, необходимые для решения задач в области теории оптимальных систем управления.
	умеет (продвинутый)	Применять математический аппарат, необходимый для решения поставленных задач.	Умение использовать при решении задач синтеза и анализа оптимальных систем управления необходимый при этом математический аппарат.	Способность применять при решении задач синтеза и анализа оптимальных систем управления необходимый при этом математический аппарат.
	владеет (высокий)	Методами и средствами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности на основе соответствующего физико-математического аппарата.	Владение методами и средствами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих при создании сложных технических систем, на основе соответствующего физико-математического аппарата.	Способность продемонстрировать навыки владения методами и средствами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих при создании сложных технических систем, на основе соответствующего физико-математического аппарата.
(ПК-2) способность использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических	знает (пороговый уровень)	Способы обработки результатов экспериментальных исследований. Методы статистической обработки данных. Методы синтеза и анализа аналоговых и цифровых схем.	Знание принципов использования имеющихся программных пакетов для синтеза и анализа оптимальных систем управления мехатронными и робототехническими объектами	Способность перечислить и раскрыть суть основных особенностей имеющихся программных пакетов
	умеет (продвинутый)	Использовать существующее и разрабатывать программное обеспечение для управления мехатронными системами.	Умение работать с существующими программными пакетами и разрабатывать новое программное обеспечение	Способность использовать имеющиеся программные пакеты и разрабатывать новое программное обеспечение для синтеза и анализа оптимальных систем управления мехатронными и робототехническими объектами

системах, а также для их проектирования	владеет (высокий)	Современными программными средствами для выполнения численного эксперимента и моделирования динамических систем.	Владение базовыми возможностями и средствами существующих программных пакетов	Способность владеть специализированными программными средствами для выполнения численного эксперимента и моделирования динамических систем
---	-------------------	--	---	--

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Методы и теория оптимальных систем управления» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине «Методы и теория оптимальных систем управления» предусмотрен «экзамен».

### **Типовые вопросы на экзамен**

1. Постановка задачи оптимального управления. Обобщенная структура системы автоматического управления. Критерии оптимизации.
2. Определение и примеры функционалов. Функциональные пространства.
3. Непрерывность и линейность функционалов. Свойства линейных и квадратичных функционалов.
4. Дифференцируемость функционалов. Экстремум функционала. Необходимые и достаточные условия экстремума.
5. Простейшая задача вариационного исчисления.
6. Определение экстремума функционала от нескольких функций.
7. Определение экстремума функционала от функции и ее производных.

8. Понятие задачи на условный экстремум. Задача Лагранжа с голономными связями. Задача Лагранжа с неголономными связями.
9. Изопериметрическая задача. Задача Майера. Задача Больца.
10. Синтез оптимальной по квадратичному критерию линейной системы.
11. Синтез оптимального регулятора методом вариационного исчисления.
12. Основная теорема принципа максимума для функционала общего вида.
13. Принцип максимума для оптимальных по быстродействию нелинейных систем.
14. Оптимальное по быстродействию управление линейными объектами. Теорема об  $n$ -интервалах.
15. Синтез оптимальных по квадратичному критерию систем управления. Уравнение Риккати.
16. Оптимальное по расходу топлива управление линейными объектами.
17. Принцип оптимальности Беллмана.
18. Оптимальное управление нестационарными и стационарными системами. Уравнение Беллмана.
19. Синтез оптимального линейного регулятора для линейных нестационарных систем на основе принципа оптимальности Беллмана.
20. Синтез оптимального линейного регулятора для линейных стационарных систем на основе принципа оптимальности Беллмана.

### **Критерии выставления оценки студенту на экзамене**

Оценка «отлично» выставляется студенту, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочеты или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить

существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Методы и теория оптимальных систем управления» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Методы и теория оптимальных систем управления» проводится по результатам выполнения практических работ, участию в дискуссии и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, посещаемость всех занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения знаний;
- результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в рейтинговую систему. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.