

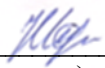


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

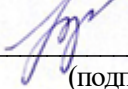
**ИНСТИТУТ МИРОВОГО ОКЕАНА (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП  
Мехатроника и робототехника

  
\_\_\_\_\_  
(подпись) Н.Т. Морозова

«26» апреля 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор департамента  
автоматики и робототехники

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

«26» апреля 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Оптимальные системы управления  
**Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника**  
Профиль «Мехатроника и робототехника»  
**Форма подготовки очная**

курс 4 семестр 8  
лекции 33 час.  
практические занятия 33 час.  
лабораторные работы – не предусмотрено учебным планом  
в том числе с использованием МАО лек. 11 /пр. 11/ лаб. 0 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 66 час.  
в том числе с использованием МАО 22 час.  
самостоятельная работа 78 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 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 августа 2020 г. № 1046.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента автоматике и робототехники, протокол № 6 от «26» апреля 2021 г.

Директор департамента проф. В.Ф. Филаретов

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

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

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

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

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (В.Ф. Филаретов)

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

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

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (В.Ф. Филаретов)

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Оптимальные системы управления»**

Дисциплина разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, по профилю «Мехатроника и робототехника», является дисциплиной по выбору и входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, Блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа (4 зачётные единицы). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (33 часа), практические занятия (33 часа) и самостоятельная работа студента (78 часов, в том числе 27 часов на экзамен). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 8 семестре. Форма контроля – экзамен.

Дисциплина «Оптимальные системы управления» опирается на уже изученные дисциплины, такие как «Высшая математика», «Математические основы теории автоматического управления», «Теория автоматического управления». Дисциплина изучает основные методы теории оптимальных систем автоматического управления.

**Цели дисциплины:** познакомить студентов с математическим аппаратом вариационного исчисления и основными методами теории оптимальных систем автоматического управления, развить у них практические навыки решения типовых оптимизационных задач.

### **Задачи дисциплины:**

1. Овладеть основными теоретическими положениями вариационного исчисления, изучить необходимые и достаточные условия экстремума функционалов в различных типах задач на условный и безусловный экстремум;
2. Изучить основную теорему принципа максимума для функционала общего вида и научиться применять ее при синтезе оптимальных по быстродействию и по квадратичному критерию систем управления;

3. Изучить метод динамического программирования и принцип оптимальности Беллмана, овладеть методами синтеза оптимальных линейных регуляторов для линейных стационарных и нестационарных систем.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Наименование категории (группы) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции выпускник	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Профессиональные навыки	ПК-3 Способен анализировать варианты компоновок мехатронных и робототехнических систем	ПК-3.1 Знает принципы работы и технические характеристики модулей мехатронных и робототехнических систем. ПК-3.2 Умеет анализировать варианты компоновок мехатронных и робототехнических систем. ПК-3.3 Владеет методами анализа существующих мехатронных и робототехнических систем, используемых для решения аналогичных задач.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Оптимальные системы управления» применяются следующие методы активного обучения: «практическое занятие – развернутая беседа» с обсуждением решенной задачи, «лекция-диспут».

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (33 час.)

### МОДУЛЬ 1. Основные понятия вариационного исчисления (11 час.).

#### Раздел I. Понятие об оптимальном управлении (5 час.).

#### Тема 1. Обобщенная структура САУ (2 час.).

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

## **Тема 2. Постановка задачи оптимального управления и критерии оптимизации (3 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 (6 час.).**

### **Тема 1. Определение и свойства функционалов (3 час.).**

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

### **Тема 2. Экстремум функционала. Лекция-диспут (3 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 (11 час.).**

### **Раздел I. Задачи на экстремум функционалов (6 час.).**

#### **Тема 1. Основные задачи вариационного исчисления (3 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 (3 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 (5 час.).**

**Тема 1. Синтез оптимальной по квадратичному критерию линейной системы (3 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 (2 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 (11 час.).**

**Раздел I. Принцип максимума Понтрягина (6 час.).**

**Тема 1. Основная теорема принципа максимума (3 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 (3 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 (5 час.).**

### **Тема 1. Принцип оптимальности Беллмана (2 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 (3 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 (33 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» (11 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. (10 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 «Оптимальные системы 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	ПК-3	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	ПК-3	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	ПК-3	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	ПК-3	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	ПК-3	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	ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 17-20 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			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://znaniyum.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> - Тертычный-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 66 часов аудиторных занятий (33 часа лекций и 33 часа практических занятий) и 78 часов 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**

Специализированные учебные аудитории кампуса ДВФУ.



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

---

---

**ИНСТИТУТ МИРОВОГО ОКЕАНА (ШКОЛА)**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Оптимальные системы управления»  
Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
Профиль «Мехатроника и робототехника»  
Форма подготовки очная

**Владивосток  
2021**



## 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	6 ч.	Защита работы
2	4 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №2	6 ч.	Защита работы
3	6 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №3	9 ч.	Защита работы
4	8 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №4	6 ч.	Защита работы
5	10 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №5	6 ч.	Защита работы
6	12 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №6	9 ч.	Защита работы
7	14 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №7	6 ч.	Защита работы
8	16 неделя (1 семестр)	Выполнение практической работы №8	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»  
(ДВФУ)

---

**ИНСТИТУТ МИРОВОГО ОКЕАНА (ШКОЛА)**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Оптимальные системы управления»  
Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
Профиль «Мехатроника и робототехника»  
Форма подготовки очная

**Владивосток**  
**2021**

## Паспорт ФОС

Наименование категории (группы) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции выпускник	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Профессиональные навыки	ПК-3 Способен анализировать варианты компоновок мехатронных и робототехнических систем	<p>ПК-3.1 Знает принципы работы и технические характеристики модулей мехатронных и робототехнических систем.</p> <p>ПК-3.2 Умеет анализировать варианты компоновок мехатронных и робототехнических систем.</p> <p>ПК-3.3 Владеет методами анализа существующих мехатронных и робототехнических систем, используемых для решения аналогичных задач.</p>

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Понятие об оптимальном управлении	ПК-3	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	ПК-3	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	ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 5-9 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен

				работа (ПР-2)	
4	Синтез оптимальных систем с помощью вариационного исчисления	ПК-3	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	ПК-3	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	ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	экзамен, вопросы 17-20 из перечня типовых вопросов
			умеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен
			владеет	Практическая работа (ПР-2)	экзамен

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

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

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Оптимальные системы управления» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине «Оптимальные системы 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 «Оптимальные системы управления» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Оптимальные системы 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.