

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДЕНО:  
Директор  
А. В. Замятин

Оценочные материалы по дисциплине

Теория оптимального управления

по направлению подготовки

**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**Математическое моделирование и информационные системы**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2024**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
К.И. Лившиц

Председатель УМК  
С.П. Сущенко

Томск – 2024

## **1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности.

ПК-3 Способен формализовывать, согласовывать и документировать требования к системе и подсистеме, обрабатывать запросы на изменение требований к системе и подсистеме, выявлять и формализовывать риски, анализировать проблемные ситуации..

УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1 Демонстрирует навыки работы с учебной литературой по основным естественнонаучным и математическим дисциплинам.

ИОПК-1.2 Демонстрирует навыки выполнения стандартных действий, решения типовых задач с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых математических и естественнонаучных дисциплин.

ИОПК-1.3 Демонстрирует навыки использования основных понятий, фактов, концепций, принципов математики, информатики и естественных наук для решения практических задач, связанных с прикладной математикой и информатикой.

ИОПК-1.4 Демонстрирует понимание и навыки применения на практике математических моделей и компьютерных технологий для решения практических задач, возникающих в профессиональной деятельности

ИПК-3.1 Реализовывает построение формализованной математической модели системы (подсистемы), введение целевой функции системы, подсистемы и ограничений, соответствующих требованиям к системе (подсистеме).

ИПК-3.2 Адаптирует формализованную математическую модель системы (подсистемы) к изменению требований (ограничений к целевой функции) к системе (подсистеме).

ИПК-3.3 Выявляет и формализовывает в виде математической модели возникающие при функционировании системы (подсистемы) риски; выявляет и анализирует проблемные ситуации.

ИУК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение.

ИУК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.

ИУК-2.3 Решает конкретные задачи (исследования, проекта, деятельности) за установленное время.

## **2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания**

Методические материалы для оценки текущего контроля успеваемости по дисциплине.

Для текущего контроля успеваемости оцениваются по пятибалльной шкале результаты коллоквиума, который проводится в середине семестра. Полученная оценка учитывается в промежуточной аттестации. Допуск к экзамену студенты получают при условии выполнения программы лабораторных работ. Выполнение лабораторной работы оценивается по пятибалльной системе. Оценка определяется в зависимости от того как студент демонстрирует умение применять на практике математические модели и

компьютерные технологии для решения поставленной в задании лабораторной работы задачи.

Типовые задания для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине

Текущий контроль осуществляется путём проверки и оценивания выполнения лабораторных работ и оценивания результатов коллоквиума в середине семестра (контрольная точка).

### **3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания**

Методические материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине.

#### **Критерии формирования оценок при проведении экзамена**

Оценки при проведении экзамена формируются в соответствии с нижеприведенной таблицей.

2	3	4	5
Не ответил ни на один из основных вопросов.	Ответил на один из основных вопросов и на один - два из трех дополнительных вопросов.	Ответил на оба вопроса, содержащихся в экзаменационном билете, и на дополнительные вопросы, но с замечаниями.	Уверенно и правильно ответил на все основные и дополнительные вопросы.

Типовые задания для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

### **ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



#### **ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК**

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 1 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Переходная матрица, ее свойства и методы построения.
2. Функция Гамильтона в задаче вариационного исчисления. Уравнения Эйлера-Лагранжа.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

### **ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



#### **ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК**

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 2 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Спектральный критерий устойчивости линейных систем.
2. Вариационное исчисление. Задача с произвольным временем.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

## ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 3 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Спектральный критерий устойчивости линейных систем.
2. Вариационное исчисление. Задача с ограничениями общего вида.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

## ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 4 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Критерий Рауса-Гурвица устойчивости линейных систем.
2. Вариационное исчисление. Задача с ограничениями на правый конец траектории.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

## ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 5 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Критерий управляемости линейных систем.
2. Динамическое программирование. функция Беллмана. Уравнение Беллмана.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК**

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 6 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Критерий наблюдаемости линейных систем.
2. Вариационное исчисление. Задача с произвольным временем.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК**

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 7 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Модальное управление.
2. Вариационное исчисление. Задача с произвольным временем.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК**

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 8 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Наблюдатель Луенбергера.
2. Критерии оптимальности в задачах оптимального управления.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

## ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



### ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 9 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Фильтр Калмана для дискретных систем.
2. Вариационное исчисление. Достаточные условия положительности второй вариации.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

## ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



### ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 10 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Фильтр Калмана для непрерывных систем.
2. Функция Беллмана. Уравнение Беллмана.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

## ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



### ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 11 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Критерий устойчивости Ляпунова для линейных систем.
2. Вариационное исчисление. Задача с произвольным временем.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

## ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



### ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 12 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Синтез полных наблюдателей.
2. Вариационное исчисление. Функция Гамильтона. Уравнения Эйлера-Лагранжа.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

## ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 13 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Переходная матрица, ее свойства и методы построения.
2. Принцип максимума. Оптимальное по быстродействию управление для линейных систем.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

## ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 14 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Метод АКОР для дискретных систем.
2. Вариационное исчисление. Условие Лежандра-Клебша.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

## ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 15 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Метод АКОР для непрерывных систем.
2. Вариационное исчисление. Исследование второй вариации функционала.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК**

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № **16** по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Модальное управление.
2. Принцип максимума. Особое управление.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК**

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № **17** по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Наблюдатель Луенбергера.
2. Принцип максимума. Игольчатая вариация.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК**

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № **18** по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Критерии оптимальности в задаче управления.
2. Решение задачи АКОР методом динамического программирования.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**





## ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 19 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Поведение линейных систем при внешних возмущениях. Передаточная матрица.
2. Уравнение Беллмана. Связь с принципом максимума.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

## ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



## ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Кафедра Прикладной математики

Экзаменационный билет № 20 по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Синтез полных наблюдателей.
2. Функция Беллмана. Уравнение Беллмана.

Зав. каф. ПМ, д.т.н., профессор

А.М. Горцев

Дополнительно обучающемуся задаются 1-3 вопроса из нижеследующего перечня.

### **Дополнительные вопросы для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена**

1. Что понимается под непрерывной динамической системой.
2. Что понимается под дискретной динамической системой.
3. Критерий оптимальности в форме Больца.
4. Критерий оптимальности в форме Лагранжа.
5. Критерий оптимальности в Форме Майера.
6. Что понимается под допустимыми управлениями.
7. Какие ограничения могут накладываться на управления и траектории.
8. Что такое линеаризация.
9. Формулировка задачи оптимального управления.
10. Переходная матрица и ее свойства.
11. Устойчивость. Критерии устойчивости.
12. Управляемость. Критерии управляемости.
13. Наблюдаемость. Критерии наблюдаемости.
14. Каноническая форма Калмана.
15. Модальное управление.
16. Задача Летова-Калмана.
17. Полный наблюдатель.

18. Наблюдатель Луенбергера.
19. Фильтр Калмана. для дискретных систем.
20. Задача Летова-Калмана в стохастическом случае.
21. Основная идея вариационного исчисления.
22. Функция Гамильтона в задаче вариационного исчисления.
23. Уравнения Эйлера-Лагранжа для задачи Майера.
24. Уравнения Эйлера-Лагранжа для задачи Больца.
25. Вариационная задача с произвольным временем. Дополнительные условия.
26. Вариационная задача с ограничениями общего вида. Дополнительные условия.
27. Вторая вариация функционала. Достаточные условия положительности второй вариации.
28. Условие Лежандра-Клебша.
29. Присоединенная задача.
30. Условие Якоби.
31. Понятие игольчатой вариации.
32. Принцип максимума применительно к задаче Майера.
33. Принцип максимума применительно к задаче Лагранжа.
34. Принцип максимума применительно к задаче Больца.
35. Понятие особого управления.
36. Построение оптимального по быстрдействию управления для линейных систем.
37. Идея метода динамического программирования.
38. Функция Беллмана.
39. Уравнение Беллмана.
40. Уравнение Беллмана в задаче с произвольным временем.
41. Уравнение Беллмана при ограничениях на правый конец траектории.
42. Связь метода динамического программирования с принципом максимума.
43. Оптимальное по Беллману управление линейной системой при квадратичном критерии.
44. Управление линейной системой при ограничениях на правый конец траектории.

#### **4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)**

##### **Список вопросов для оценки остаточных знаний**

1. Что понимается под непрерывной динамической системой.
2. Что понимается под дискретной динамической системой.
3. Переходная матрица и ее свойства.
4. Устойчивость. Критерии устойчивости.
5. Задача Летова-Калмана в стохастическом случае.
6. Основная идея вариационного исчисления.
7. Условие Якоби.
8. Понятие игольчатой вариации.
9. Уравнение Беллмана в задаче с произвольным временем.
10. Уравнение Беллмана при ограничениях на правый конец траектории.

##### **Информация о разработчиках**

Смагин Валерий Иванович, д.т.н., профессор, профессор кафедры прикладной математики ИПМиКН.