

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

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДЕНО:

И.о. директора  
Д.Д. Даммер

Оценочные материалы по дисциплине

Теория оптимального управления

по направлению подготовки

**02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем**

Направленность (профиль) подготовки:

**DevOps-инженерия в администрировании инфраструктуры ИТ-разработки**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП  
А.С. Шкуркин

Председатель УМК  
С.П.Сущенко

Томск – 2025

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2 Способен проектировать базы данных, разрабатывать компоненты программных систем, обеспечивающих работу с базами данных, с помощью современных инструментальных средств и технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-2.2 Готов осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий

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

Элементы текущего контроля:

- опрос;
- решение задач.

### **Опрос по теоретическим вопросам ПК-2:**

1. Классификация систем управления.
2. Динамические системы управления.
3. Линеаризация.
4. Устойчивость непрерывных систем.
5. Теорема Беллмана.
6. Метод Ляпунова.
7. Устойчивость дискретных систем.
8. Примеры технических систем управления.
9. Примеры управления экономическими процессами
10. Переходная матрица и ее свойства.
11. Способы построения переходной матрицы.
12. Устойчивость линейных непрерывных систем.
13. Спектральный критерий устойчивости.
14. Критерий Рауса – Гурвица.
15. Критерий Ляпунова.
16. Исследование колебательного контура.
17. Устойчивость линейных дискретных систем.
18. Поведение линейных систем при заданных управляющих воздействиях.
19. Переходные процессы.
20. Передаточная матрица.
21. . Управляемость.
22. Критерии управляемости.
23. Матрица управляемости.
24. Стабилизируемая система.
25. Наблюдаемость.
26. Критерии наблюдаемости.
27. Матрица наблюдаемости.
28. Детектируемая система.
29. Общая декомпозиция линейной системы.
30. Каноническая форма Калмана.

Пример задач:

1. С помощью приведения к жордановой форме построить фундаментальную матрицу для систем уравнений

|                                   |                    |                                  |
|-----------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| а)                                | б)                 | в)                               |
| $\dot{x}_1 = x_1 + 2x_2,$         | $\dot{x}_1 = x_2,$ | $\dot{x}_1 = x_2,$               |
| $\dot{x}_2 = 2x_2,$               | $\dot{x}_2 = x_3,$ | $\dot{x}_2 = x_3,$               |
| $\dot{x}_3 = -2x_1 - 2x_2 - x_3.$ | $\dot{x}_3 = x_2.$ | $\dot{x}_3 = 2x_1 + x_2 - 2x_3.$ |

2. На основе критерия Рауса – Гурвица проверить на устойчивость следующие многочлены:

а)  $\varphi(\lambda) = 1 + 2\lambda + 4\lambda^2 + 2\lambda^3 + \lambda^4;$

б)  $\varphi(\lambda) = 1 + 4\lambda + 4\lambda^2 + 4\lambda^3 + \lambda^4;$

в)  $\varphi(\lambda) = 1 + 4\lambda + 6\lambda^2 + 4\lambda^3 + \lambda^4;$

г)  $\varphi(\lambda) = 1 + 2\lambda + 3\lambda^2 + 4\lambda^3 + \lambda^4;$

д)  $\varphi(\lambda) = 3 + 3\lambda + 3\lambda^2 + 3\lambda^3 + \lambda^4;$

е)  $\varphi(\lambda) = 3 + 2\lambda + 2\lambda^2 + 3\lambda^3 + \lambda^4.$

3. Провести декомпозицию следующих систем.

$$\dot{x}_1 = 2x_1 + x_3 + x_4 + u,$$

$$\dot{x}_2 = x_2 - x_3 - 2u,$$

$$\dot{x}_3 = x_1 - 2x_3 + x_4,$$

$$\dot{x}_4 = -x_3 + x_4 - u,$$

$$z(t) = 3x_1 + x_2 + x_4.$$

$$\dot{x}_1 = 2x_1 + x_3 + x_4 + u,$$

$$\dot{x}_2 = x_2 - x_3 + u,$$

$$\dot{x}_3 = -x_1 - 2x_3 - x_4,$$

$$\dot{x}_4 = -x_1 - x_3 - u,$$

$$z(t) = 5x_1 + 3x_2 + 2x_4.$$

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

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена ПК-2.2. Экзаменационный билет состоит из двух вопросов.

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 быстродействию 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.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

**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. |

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

Теоретические вопросы:

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.

#### **Информация о разработчиках**

Лившиц Климентий Исаакович, д.т.н., профессор, кафедра прикладной математики ИПМиКН, профессор