# ПРИМЕРНЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»

## 1. Примерный перечень тестовых вопросов.

1. Автоматическое управление – это воздействие на объект управления:

а) с непосредственным участием человека-оператора на каждом шаге
б) без непосредственного участия человека, в соответствии с заданным законом (целью управления)
в) только для измерения параметров объекта
г) только для отключения объекта при аварии

2. Принцип управления по отклонению основан на:

а) измерении возмущающего воздействия и выработке компенсирующего управляющего воздействия
б) заранее заданной программе изменения управляющего воздействия
в) измерении ошибки между заданным и фактическим значениями управляемой величины и формировании управляющего воздействия по её величине
г) случайном выборе управляющего воздействия

3. К основным принципам автоматического управления относятся:

а) управление по отклонению
б) управление по возмущению (компенсация)
в) комбинированное управление
г) управление по количеству операторов

4. Система программного управления отрабатывает:

а) заранее заданный во времени закон изменения управляемой величины
б) отклонение фактического значения от значения, измеряемого датчиком
в) случайные изменения задания
г) значение, определяемое обратной связью по возмущению

5. Замкнутая система автоматического управления обязательно содержит:

а) цифровой контроллер
б) усилитель мощности
в) цепь обратной связи
г) программное обеспечение

6. Задающее воздействие – это:

а) помеха измерения
б) воздействие, определяющее требуемый закон изменения управляемой величины
в) возмущающее воздействие
г) выходная величина объекта

7. Объект управления – это:

а) устройство, формирующее управляющее воздействие
б) задатчик требуемого значения
в) датчик выходной величины
г) техническое устройство или процесс, состоянием которого управляют для достижения поставленной цели

8. Установившийся (статический) режим характеризуется тем, что:

а) переменные объекта не изменяются во времени
б) переменные колеблются с постоянной амплитудой

в) переменные экспоненциально растут
г) выходная величина равна нулю

9. Динамический режим – это режим, при котором:

а) объект выведен из эксплуатации
б) переменные объекта изменяются во времени под действием приложенных воздействий
в) объект находится в тепловом равновесии
г) управление отключено

10. Линеаризация нелинейного уравнения в окрестности рабочей точки выполняется:

а) заменой переменных на их логарифмы
б) численным интегрированием
в) разложением в ряд Тейлора и отбрасыванием членов выше первой степени
г) исключением всех переменных

11. Линеаризация правомочна, если:

а) нелинейная функция имеет разрыв в рабочей точке
б) отклонения переменных от рабочей точки велики
в) нелинейная функция дифференцируема в окрестности рабочей точки и отклонения переменных малы
г) объект линеен по определению

12. Принцип суперпозиции линейных систем состоит в том, что реакция на сумму воздействий равна:

а) произведению реакций на каждое воздействие
б) сумме реакций на каждое воздействие в отдельности
в) реакции на наибольшее воздействие
г) усреднённой реакции

13. Уравнение динамики линейной стационарной системы записывается в виде:

а) линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами
б) нелинейного алгебраического уравнения
в) дифференциального уравнения со случайными коэффициентами
г) системы логических условий

14. Статическая характеристика элемента – это зависимость:

а) выходной величины от времени
б) выходной величины от входной в установившемся режиме
в) входной величины от частоты
г) ошибки от времени регулирования

15. Передаточная функция получается из уравнения динамики:

а) путём преобразования Лапласа при нулевых начальных условиях
б) путём дифференцирования во временной области
в) путём подстановки $s = j \cdot \omega$ в уравнение статики
г) путём логарифмирования уравнения

16. Передаточная функция линейной системы – это:

а) отношение выходного сигнала к входному в установившемся режиме
б) отношение изображения по Лапласу выходной величины к изображению входной при нулевых начальных условиях
в) отношение средних значений входа и выхода
г) дифференциал выходной величины

17. Полюсами передаточной функции называются:
а) корни (нули) знаменателя передаточной функции
б) корни числителя
в) значения частоты среза
г) коэффициенты усиления

18. Усилительное (пропорциональное) звено:
а) накапливает энергию входного воздействия
б) сдвигает фазу выходного сигнала на 90°
в) повторяет входной сигнал с постоянным масштабным коэффициентом без инерции
г) дифференцирует входной сигнал

19. Интегрирующее звено:
а) имеет передаточную функцию вида $W(s) = \frac{k}{s}$
б) при постоянном входном воздействии выходная величина изменяется с постоянной скоростью (линейно)
в) при ступенчатом входе выход стремится к конечному постоянному значению
г) имеет передаточную функцию $W(s) = k$

20. Апериодическое звено первого порядка:
а) при ступенчатом входном воздействии выход изменяется по экспоненциальному закону
б) длительность переходного процесса приближённо равна 3Т, где Т – постоянная времени
в) вызывает незатухающие колебания на выходе
г) усиливает сигнал без задержки и инерции

21. Колебательное звено при затухании $0 < \xi < 1$ имеет:
а) два действительных отрицательных полюса
б) пару комплексно-сопряжённых полюсов
в) нулевой полюс
г) полюс в правой полуплоскости

22. Запаздывающее звено:
а) воспроизводит входной сигнал со сдвигом во времени на величину запаздывания τ
б) интегрирует входной сигнал
в) имеет передаточную функцию $\frac{k}{s}$
г) сдвигает фазу на 180° независимо от частоты

23. Идеальное дифференцирующее звено:
а) имеет передаточную функцию вида $W(s) = k \cdot s$
б) выходная величина пропорциональна производной входной
в) устраняет статическую ошибку
г) имеет передаточную функцию $\frac{k}{T_s + 1}$

24. Передаточная функция ПИ-регулятора имеет вид:
а) $W(s) = k_п$
б) $W(s) = k_п + \frac{k_И}{s}$

в) $W(s) = k_п + k_Д \cdot s$

г) $W(s) = k_п + k_Д \cdot s + \frac{k_И}{s}$

25. Передаточная функция ПИД-регулятора имеет вид:

а) $W(s) = k_п$

б) $W(s) = k_п + \frac{k_И}{s}$

в) $W(s) = k_п + k_Д \cdot s$

г) $W(s) = k_п + k_Д \cdot s + \frac{k_И}{s}$

26. Передаточная функция ПД-регулятора имеет вид:

а) $W(s) = \frac{k_И}{s}$

б) $W(s) = k_п$

в) $W(s) = k_п + k_Д \cdot s$

г) $W(s) = k_п + k_Д \cdot s + \frac{k_И}{s}$

27. При последовательном соединении звеньев общая передаточная функция равна:

а) сумме передаточных функций звеньев

б) произведению передаточных функций звеньев

в) отношению передаточных функций

г) среднему арифметическому передаточных функций

28. При параллельном (согласном) соединении звеньев общая передаточная функция равна:

а) сумме передаточных функций звеньев

б) произведению передаточных функций

в) разности передаточных функций

г) обратной величине произведения

29. Передаточная функция замкнутой системы с отрицательной единичной обратной связью равна:

а) $W(s) = W_1(s)$

б) $W(s) = W_1(s) - 1$

в) $W(s) = \frac{W_1(s)}{1 + W_1(s)}$

г) $W(s) = \frac{W_1(s)}{1 - W_1(s)}$

30. Передаточная функция замкнутой системы с отрицательной обратной связью через звено $W_{ОС}(S)$ равна:

а) $W(s) = W_1(s) \cdot W_{ОС}(s)$

б) $W(s) = \frac{W_1(s)}{1 + W_1(s) \cdot W_{ОС}(s)}$

в) $W(s) = \dfrac{W_1(s)}{1 - W_1(s) \cdot W_{OC}(s)}$

г) $W(s) = \dfrac{1}{1 - W_1(s)}$

31. При переносе сумматора или точки ветвления через звено необходимо:

а) удалить это звено из схемы

б) добавить звенья, компенсирующие перенос, так, чтобы сигналы на выходах схемы не изменились

в) умножить все коэффициенты усиления на два

г) изменить знак обратной связи

32. АЧХ – это зависимость от частоты:

а) отношения амплитуд выходного и входного гармонических сигналов

б) сдвига фазы между сигналами

в) корней характеристического уравнения

г) статической ошибки

33. ФЧХ – это зависимость от частоты:

а) отношения амплитуд входного и выходного сигналов

б) сдвига фазы между выходным и входным гармоническими сигналами

в) времени запаздывания объекта

г) коэффициента передачи усилителя

34. АФЧХ (годограф) представляет собой:

а) график переходной функции

б) график зависимости статической ошибки от нагрузки

в) геометрическое место точек вектора $W(j\omega)$ в комплексной плоскости при изменении частоты ω от 0 до ∞

г) семейство прямых линий на плоскости

35. Одна декада соответствует изменению частоты:

а) в 2 раза

б) в 10 раз

в) в 100 раз

г) на 1 дБ

36. Переходная функция $h(t)$ – это реакция системы на:

а) единичную ступенчатую функцию $l(t)$

б) единичную импульсную функцию $\delta(t)$

в) линейно нарастающий сигнал

г) синусоидальный сигнал единичной частоты

37. Весовая (импульсная переходная) функция $w(t)$ – это реакция системы на:

а) единичную ступенчатую функцию

б) дельта-функцию $\delta(t)$

в) постоянный сигнал

г) белый шум

38. Весовая функция $w(t)$ и переходная функция $h(t)$ связаны соотношениями:

а) $w(t) = \dfrac{dh(t)}{dt}$

б) $h(t) = \int_0^t w(\tau)\,d\tau$

в) $w(t) = h(t) \cdot t$

г) $w(t) = -h(t)$

39. Изображение переходной функции связано с передаточной функцией соотношением:

а) $H(s) = W(s) \cdot s$

б) $H(s) = \dfrac{W(s)}{s}$

в) $H(s) = W(s) + s$

г) $H(s) = \dfrac{s}{W(s)}$

40. При подаче на вход устойчивой линейной системы гармонического сигнала в установившемся режиме на выходе наблюдается:

а) гармонический сигнал той же частоты с изменёнными амплитудой и фазой

б) гармонический сигнал удвоенной частоты

в) ступенчатый сигнал

г) затухающий до нуля сигнал

41. Устойчивой называется система, которая:

а) после снятия возмущения, вызвавшего отклонение, возвращается к исходному (равновесному) состоянию

б) всегда работает без ошибок

в) не имеет обратной связи

г) устойчива при любом коэффициенте усиления

42. Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной непрерывной системы:

а) все корни характеристического уравнения вещественны

б) все корни характеристического уравнения имеют отрицательные вещественные части

в) свободный член уравнения равен нулю

г) корни лежат на мнимой оси

43. Если хотя бы один корень характеристического уравнения расположен в правой полуплоскости, система:

а) устойчива

б) находится на границе устойчивости

в) неустойчива

г) статическая

44. Система находится на колебательной границе устойчивости, если:

а) один корень равен нулю, остальные – в левой полуплоскости

б) пара корней чисто мнимая, остальные – в левой полуплоскости

в) все корни отрицательны

г) имеется пара вещественных положительных корней

45. Критерий Гурвица относится к критериям:

а) алгебраическим

б) частотным
в) корневым
г) графоаналитическим по переходной функции

46. По критерию Гурвица система устойчива, если:
а) все коэффициенты характеристического уравнения отрицательны
б) все коэффициенты характеристического уравнения и все диагональные миноры определителя Гурвица положительны
в) определитель Гурвица равен нулю
г) младший определитель Гурвица отрицателен

47. По критерию Михайлова система n-го порядка устойчива, если годограф $D(j\omega)$:
а) начинается на положительной вещественной полуоси и последовательно обходит n квадрантов против часовой стрелки, не проходя через начало координат
б) обходит n квадрантов по часовой стрелке
в) представляет собой прямую линию
г) охватывает начало координат произвольное число раз

48. К границам устойчивости линейных систем относятся:
а) нулевой корень характеристического уравнения (апериодическая граница)
б) пара чисто мнимых корней (колебательная граница)
в) пара вещественных отрицательных корней
г) наличие интегрирующего звена

49. Кривая D-разбиения по одному параметру:
а) делит плоскость параметра на области с разным числом корней в правой полуплоскости
б) изображает годограф Найквиста
в) совпадает с ЛАЧХ системы
г) строится по переходной функции

50. Если разомкнутая система устойчива, то замкнутая система устойчива, когда АФЧХ разомкнутой системы:
а) не охватывает точку (-1; j0)
б) проходит через начало координат
в) охватывает точку (-1; j0) один раз
г) лежит целиком в правой полуплоскости

51. Если разомкнутая система имеет m корней в правой полуплоскости, то замкнутая система устойчива, когда АФЧХ разомкнутой системы охватывает точку (-1; j0):
а) один раз по часовой стрелке
б) m/2 раз против часовой стрелки
в) m раз против часовой стрелки
г) ни разу

52. Запас устойчивости по модулю (амплитуде) определяется:
а) по пересечению годографа с мнимой осью
б) расстоянием от точки пересечения годографа с отрицательной вещественной полуосью до точки (-1; j0)
в) по величине статической ошибки
г) как отношение частоты среза к полосе пропускания

53. Запас устойчивости по фазе определяется:

а) как угол между отрицательной вещественной полуосью и вектором, проведённым из начала координат в точку пересечения годографа с окружностью единичного радиуса
б) как разность фаз входа и выхода на нулевой частоте
в) как угол наклона ЛАЧХ на высоких частотах
г) как величина перерегулирования

54. Частота среза – это частота, на которой:

а) фазовый сдвиг равен -180°
б) АЧХ разомкнутой системы равна единице (ЛАЧХ равна 0 дБ)
в) коэффициент передачи максимален
г) система входит в насыщение

55. Перерегулирование σ – это:

а) время достижения выходной величиной установившегося значения
б) отношение максимального превышения выходной величины над установившимся значением к установившемуся значению (в процентах)
в) разность между заданным и фактическим значениями в установившемся режиме
г) величина статической ошибки

56. Время регулирования – это:

а) промежуток времени от начала переходного процесса до момента, после которого отклонение выходной величины от установившегося значения не превышает заданной зоны (обычно ±5%)
б) время прохождения сигнала через регулятор
в) период колебаний на границе устойчивости
г) время выборки цифрового регулятора

57. К косвенным показателям качества относятся:

а) запасы устойчивости по модулю и фазе
б) корневые показатели (степень устойчивости, степень колебательности)
в) перерегулирование
г) время регулирования

58. Если установившаяся ошибка при постоянном входном воздействии не равна нулю, система называется:

а) астатической
б) статической
в) нейтральной
г) комбинированной

59. Астатическая система первого порядка по задающему воздействию:

а) содержит интегрирующее звено в контуре
б) имеет нулевую установившуюся ошибку при ступенчатом (постоянном) входном воздействии
в) имеет нулевую ошибку при линейно нарастающем воздействии
г) не содержит обратной связи

60. Коэффициент позиционной ошибки $C_0$ равен нулю, если:

а) контур не содержит интегрирующих звеньев
б) в контуре имеется хотя бы одно интегрирующее звено
в) коэффициент передачи стремится к нулю
г) система неустойчива

61. Степень колебательности μ характеризует:

а) склонность системы к колебаниям и связана с расположением комплексных корней характеристического уравнения
б) величину статической ошибки
в) коэффициент усиления регулятора
г) частоту дискретизации

62. К прямым показателям качества относятся:
а) перерегулирование
б) время регулирования
в) запас устойчивости по фазе
г) степень устойчивости

63. Модель системы в пространстве состояний включает:
а) дифференциальные уравнения первого порядка (уравнения состояния)
б) алгебраические уравнения выхода
в) интегральное уравнение Фредгольма
г) уравнения Колмогорова

64. Собственные значения матрицы состояния линейной системы совпадают:
а) с нулями передаточной функции
б) с частотами среза
в) с корнями характеристического уравнения (полюсами) системы
г) со степенью колебательности

65. Система называется управляемой, если:
а) управляющим воздействием её можно перевести из любого начального состояния в любое заданное конечное состояние за конечное время
б) она устойчива при любом коэффициенте усиления
в) её выход измеряется датчиком
г) её порядок не превышает второго

66. Система называется наблюдаемой, если:
а) все её полюса вещественны
б) по измерениям выходной величины на конечном интервале времени можно определить её начальное состояние
в) она не содержит нелинейностей
г) её выход совпадает со входом

67. В состав цифровой системы управления входят:
а) аналого-цифровой преобразователь
б) цифровой вычислитель (регулятор)
в) цифро-аналоговый преобразователь
г) распределитель импульсов произвольного типа

68. Z-преобразование применяется:
а) для математического описания дискретных (решётчатых) функций и дискретных систем
б) только для нелинейных систем
в) вместо преобразования Фурье при частотном анализе непрерывных систем
г) для расчёта статических характеристик

69. Линейная дискретная система устойчива, если все её полюсы:
а) расположены внутри единичной окружности на комплексной плоскости z
б) расположены на единичной окружности
в) расположены в левой полуплоскости плоскости z
г) вещественны и больше единицы

70. Разностное уравнение:
а) является дискретным аналогом дифференциального уравнения
б) описывает только статические режимы
в) не имеет решения при нулевых начальных условиях
г) применяется только для непрерывных систем

71. Задача синтеза регулятора состоит в том, чтобы:
а) определить структуру и параметры регулятора, обеспечивающие заданные требования к устойчивости, качеству и точности
б) определить статическую характеристику объекта
в) построить модель возмущений
г) выбрать тип измерительного датчика

72. При последовательной коррекции корректирующее устройство включается:
а) параллельно объекту
б) в цепи главной обратной связи
в) последовательно с объектом в основном контуре
г) на выходе датчика параллельно ему

73. Увеличение коэффициента передачи П-регулятора:
а) уменьшает установившуюся (статическую) ошибку
б) снижает запасы устойчивости
в) увеличивает запасы устойчивости
г) повышает астатизм системы

74. Введение интегральной составляющей в закон управления:
а) устраняет установившуюся ошибку при постоянном воздействии
б) снижает быстродействие и запасы устойчивости
в) повышает частоту среза
г) устраняет динамические свойства объекта

75. Введение дифференцирующей составляющей (ПД-регулятор):
а) уменьшает запас устойчивости по фазе
б) повышает статическую ошибку
в) повышает демпфирование, быстродействие и запасы устойчивости
г) полностью устраняет влияние возмущений

76. Последовательное включение форсирующего звена $(\tau s+1)$:
а) повышает частоту среза и быстродействие, увеличивает запас устойчивости по фазе в области средних частот
б) снижает частоту среза
в) вносит запаздывание в контур
г) устраняет интегрирующие свойства системы

77. Последовательное включение интегрирующего корректирующего звена:
а) повышает астатизм (точность в установившихся режимах), но снижает запасы устойчивости
б) повышает запас устойчивости по фазе
в) уменьшает порядок системы
г) устраняет инерционность объекта

78. Работоспособность синтезированного регулятора целесообразно проверять:
а) моделированием замкнутой системы в среде MATLAB/Simulink или другом пакете

б) измерением сопротивления объекта
в) заменой регулятора на усилитель
г) отключением обратной связи

79. К требованиям, предъявляемым к замкнутой системе при синтезе, относятся:
а) устойчивость и достаточные запасы устойчивости
б) требуемые показатели качества переходных процессов
в) требуемая точность в установившихся режимах
г) минимальная стоимость математической модели

80. ПИД-регулятор содержит составляющие:
а) пропорциональную и интегральную
б) пропорциональную, интегральную и дифференциальную
в) только дифференциальную
г) релейную и импульсную

Краткие методические указания.

В каждом вопросе один или несколько верных ответов (если верных несколько – выберите все). Каждый вопрос оценивается в 1 балл.

Шкала оценки.

| Баллы | Оценка | Описание |
|---|---|---|
| 73…80 | Отлично | Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала. Умеет правильно изложить материал. |
| 61…72 | Хорошо | Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки. Умеет изложить материал, иллюстрируя его примерами. |
| 49…60 | Удовлетворительно | Студент демонстрирует недостаточную сформированность дисциплинарных компетенций, допускает значительные ошибки, проявляет отсутствие отдельных знаний. В целом излагает материал, не всегда может проиллюстрировать его примерами. |
| 48 и менее | Неудовлетворительно | У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков. Не может ответить на вопросы, допускает значительные ошибки в ответах, не иллюстрирует его примерами. |

**2. Вопросы на экзамен.**

1. Дайте определение автоматического управления. Поясните, чем автоматическое управление принципиально отличается от автоматизированного.
2. Опишите принцип управления по отклонению. Приведите функциональную схему и поясните роль обратной связи.
3. В чём заключается принцип управления по возмущению (компенсация)? Когда такой принцип целесообразен?
4. Что такое статический и динамический режимы работы системы? Приведите примеры графиков переходных процессов для каждого случая.

5. Объясните смысл линеаризации нелинейных уравнений. При каких условиях она правомочна?

6. Сформулируйте принцип суперпозиции для линейных систем. Почему он не работает для нелинейных систем?

7. Как получают передаточную функцию из дифференциального уравнения? Какие допущения при этом делают?

8. Дайте определение передаточной функции. Что физически означают её полюса и нули?

9. Опишите свойства и передаточную функцию пропорционального (усилительного) звена. Приведите пример такого звена в технической системе.

10. Опишите свойства интегрирующего звена: передаточная функция, реакция на ступенчатое воздействие, влияние на статическую ошибку.

11. Опишите свойства апериодического звена первого порядка: передаточная функция, постоянная времени, длительность переходного процесса.

12. Опишите свойства колебательного звена: передаточная функция, коэффициент демпфирования, характер переходного процесса при разных значениях $\xi$.

13. Что такое запаздывающее звено? Как оно влияет на устойчивость и качество системы?

14. Опишите передаточные функции П-, ПИ-, ПД- и ПИД-регуляторов. В чём принципиальные различия их свойств?

15. Как преобразуется передаточная функция при последовательном, параллельном и встречно-параллельном (с обратной связью) соединении звеньев?

16. Что такое АЧХ, ФЧХ и АФЧХ? Как они связаны с передаточной функцией?

17. Что такое декада частоты? Как по ЛАЧХ определить наклон характеристики и что он означает?

18. Дайте определение переходной и импульсной переходной (весовой) функций. Как они связаны между собой?

19. Что показывает установившаяся ошибка системы? Чем отличаются статические и астатические системы по этому показателю?

20. Сформулируйте необходимое и достаточное условие устойчивости линейной непрерывной системы через корни характеристического уравнения.

21. В чём суть критерия устойчивости Гурвица? Что означают диагональные миноры определителя Гурвица?

22. В чём суть критерия устойчивости Михайлова? Как выглядит годограф устойчивой системы?

23. Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста для случая, когда разомкнутая система устойчива.

24. Что такое запасы устойчивости по модулю и по фазе? Как их определяют по АФЧХ или ЛАФЧХ?

25. Что такое частота среза и критическая частота? Как они используются для оценки устойчивости?

26. Перечислите прямые и косвенные показатели качества переходных процессов. Приведите формулы для перерегулирования и времени регулирования.

27. Что означает понятие «астатизм системы»? Как порядок астатизма влияет на установившуюся ошибку при типовых воздействиях?

28. Опишите модель системы в пространстве состояний: уравнения состояния и выхода, физический смысл матриц A, B, C, D.

29. Что означают собственные значения матрицы состояния? Как они связаны с полюсами передаточной функции?

30. Дайте определения управляемости и наблюдаемости линейной системы. Как проверить эти свойства по матрицам модели в пространстве состояний?

31. Чем отличаются непрерывные и дискретные системы управления? Для чего применяют Z‑ преобразование?

32. Сформулируйте условие устойчивости линейной дискретной системы через расположение полюсов на z‑ плоскости.

33. Что такое разностное уравнение? Как оно связано с дифференциальным уравнением непрерывной системы?

34. В чём состоит задача синтеза регулятора? Перечислите основные требования к замкнутой системе.

35. Опишите последовательную коррекцию: где включают корректирующее устройство и каков её эффект?

36. Как влияет увеличение коэффициента передачи П‑регулятора на устойчивость, статическую ошибку и быстродействие?

37. Как введение интегральной составляющей (в ПИ‑ регуляторе) влияет на точность и устойчивость системы?

38. Как введение дифференциальной составляющей (в ПД‑регуляторе) влияет на демпфирование и запасы устойчивости?

39. Перечислите практические способы проверки работоспособности синтезированного регулятора.

40. Приведите типовую последовательность этапов проектирования системы автоматического управления от постановки задачи до проверки на модели.

Краткие методические указания.

На экзамене учитывается правильность ответов, указывающая на остаточные знания пройденного учебного материала. Максимальное количество баллов, набранных на экзамене, составляет 20 баллов. При ответах на вопросы студенты не должны пользоваться записями лекционных материалов и электронными гаджетами.

Шкала оценки

| Оценка | Баллы | Описание |
|---|---|---|
| 5 | 16…20 | Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала. Умеет правильно изложить материал, иллюстрируя его формулами, расчетами и примерами. |
| 4 | 10…15 | Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются ошибки. Умеет изложить материал, иллюстрируя его формулами, расчетами и примерами. |
| 3 | 3…9 | Студент демонстрирует не достаточную сформированность дисциплинарных компетенций, допускает значительные ошибки, проявляет отсутствие отдельных знаний. В целом излагает материал, не всегда может проиллюстрировать его формулами, расчетами и примерами. |
| 2 | 0…2 | У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков. Не может |

| | | |
|---|---|---|
| | | ответить на вопросы, допускает значительные ошибки в ответах, не иллюстрирует его формулами, расчетами и примерами. |

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Рабочая программа дисциплины (модуля)

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Направление и направленность (профиль)
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств. Автоматизация технологических процессов и производств

Год набора на ОПОП
2023

Форма обучения
заочная

Владивосток 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Математические основы теории автоматического управления» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств (утв. приказом Минобрнауки России от 09.08.2021г. №730) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. N245).

Составитель(и):

*Карсаков К.Б.*

Утверждена на заседании кафедры инженерно-технических наук от «____»_____20__г. , протокол № _____

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Кузнецов П.А.

| **ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ** | |
|---|---|
| Сертификат | 1576663924 |
| Номер транзакции | 0000000001098C0C |
| Владелец | Кузнецов П.А. |

## 1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающегося к решению задач профессиональной деятельности, связанных с расчётом и проектированием систем управления, путём формирования комплекса знаний о математическом аппарате ТАУ (методы пространства состояний, операторный метод, частотные методы) и умений применять этот аппарат для синтеза и анализа регуляторов, оценки устойчивости и показателей качества систем автоматического управления.

**Задачи дисциплины**

1. Сформировать представление о месте математического моделирования в цикле проектирования систем автоматического управления: от физического объекта — к его математической модели, от модели — к расчёту регулятора.
2. Дать систематизированные знания по методам математического описания непрерывных и дискретных систем управления: дифференциальные и разностные уравнения, передаточные функции, частотные характеристики, описание в пространстве состояний.
3. Обучить методам анализа устойчивости (критерии Гурвица, Найквиста, Михайлова, метод Ляпунова) и качественных показателей переходных процессов.
4. Сформировать умения решать типовые инженерные задачи расчёта: линеаризация нелинейных моделей, определение передаточных функций систем, расчёт установившихся режимов, оценка точности, выбор корректирующих звеньев.
5. Привить навыки применения современных программных средств (Mathcad/MATLAB/Simulink, среда по выбору кафедры) для расчёта и анализа систем автоматического управления.
6. Сформировать умение анализировать результаты расчёта: оценивать корректность модели, интерпретировать полученные характеристики (запасы устойчивости, перерегулирование, время регулирования, ошибка слежения) и делать обоснованные выводы для проектных решений.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

| Название ОПОП ВО, сокращенное | Код и формулировка компетенции | Код и формулировка индикатора достижения компетенции | Результаты обучения по дисциплине | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Код результата | Формулировка результата | |
| 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» (Б-АТ) | ОПК-13 : Способен применять стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации технологических | ОПК-13.1к : Знает методы и средства проведения расчета при проектировании систем автоматизации технологических | РД1 | Знание | Виды математических моделей систем автоматического управления (дифференциальные и разностные уравнения, передаточные функции, частотные характеристики, пространство состояний) и области их применения |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | процессов и производств | процессов и производств | РД2 | Знание | Методы анализа устойчивости и качества систем автоматического управления (алгебраические и частотные критерии, показатели качества переходных процессов, оценка точности) |
| | | | РД5 | Умение | Составлять математические модели объектов и систем автоматического управления по их физическому описанию с обоснованием принимаемых допущений |
| | | | РД8 | Навык | Инженерного расчёта систем автоматического управления с использованием справочной литературы и программных средств |
| | | ОПК-13.2к : Применяет основные методы и средства расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов и производств | РД3 | Знание | Методы синтеза и настройки типовых регуляторов и корректирующих устройств по заданным требованиям к качеству управления |
| | | | РД7 | Умение | Применять методы синтеза регуляторов и программные средства моделирования для расчёта систем управления по заданным требованиям |
| | | | РД9 | Навык | Анализа и интерпретации результатов расчёта и моделирования, формулирования выводов и рекомендаций для проектных решений |
| | | ОПК-13.3к : Анализирует результаты расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием современных методов и средств | РД4 | Знание | Возможности и назначение современных программных средств моделирования и расчёта систем автоматического управления |
| | | | РД6 | Умение | Выполнять структурные преобразования схем, определять передаточные функции, временные и частотные характеристики систем, исследовать устойчивость и качество |
| | | | РД9 | Навык | Анализа и интерпретации результатов расчёта и моделирования, формулирования выводов и рекомендаций для проектных решений |

В процессе освоения дисциплины решаются задачи воспитания гармонично развитой, патриотичной и социально ответственной личности на основе традиционных российских духовно-нравственных и культурно-исторических ценностей, представленные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Целевые ориентиры воспитания

| Воспитательные задачи | Формирование ценностей | Целевые ориентиры |
|---|---|---|
| **Формирование гражданской позиции и патриотизма** | | |
| Воспитание уважения к истории и культуре России | Права и свободы человека | Культурная идентичность |
| **Формирование духовно-нравственных ценностей** | | |
| Воспитание чувства долга и ответственности перед семьей и обществом | Высокие нравственные идеалы | Доброжелательность и открытость |
| **Формирование научного мировоззрения и культуры мышления** | | |
| Развитие познавательного интереса и стремления к знаниям | Созидательный труд | Настойчивость и упорство в достижении цели |
| **Формирование коммуникативных навыков и культуры общения** | | |
| Воспитание культуры диалога и уважения к мнению других людей | Справедливость | Доброжелательность и открытость |

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина обеспечивает связь общематематической подготовки с профессиональными дисциплинами по анализу, расчёту и проектированию систем автоматического управления, мехатронных и робототехнических систем, систем автоматизации технологических процессов и производств.

Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен знать основы линейной алгебры, методы решения дифференциальных уравнений, действия с комплексными числами и основы преобразования Лапласа; уметь выполнять математические преобразования, решать типовые уравнения и системы уравнений, работать с математическими программными пакетами на уровне базовых расчётов.

## 3. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

| Название ОПОП ВО | Форма обуче-ния | Часть УП | Семестр (ОФО) или курс (ЗФО, ОЗФО) | Трудо-емкость | Объем контактной работы (час) | | | | | | СРС | Форма аттес-тации |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | (З.Е.) | Всего | Аудиторная | | | Внеауди-торная | | | |
| | | | | | | лек. | прак. | лаб. | ПА | КСР | | |
| 15.03.04 Автоматизация технологических | ЗФО | Б1.Б | 3 | 3 | 13 | 8 | 4 | 0 | 1 | 0 | 95 | Э |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| процессов и производств | | | | | | | | | | | | |

## 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

### 4.1 Структура дисциплины (модуля) для ЗФО

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля для ЗФО

| № | Название темы | Код результата обучения | Кол-во часов, отведенное на | | | | Форма текущего контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Лек | Практ | Лаб | СРС | |
| 1 | Введение в теорию автоматического управления | РД1 | 0 | 0 | 0 | 10 | Тест |
| 2 | Математическое описание элементов СУ | РД1, РД5 | 0 | 0 | 0 | 10 | Тест |
| 3 | Передаточные функции и типовые динамические звенья | РД1, РД3, РД6 | 2 | 0 | 0 | 10 | Тест |
| 4 | Структурные схемы и частотные характеристики | РД6 | 2 | 0 | 0 | 5 | Тест |
| 5 | Динамические характеристики систем | РД6, РД8 | 2 | 2 | 0 | 10 | Тест |
| 6 | Устойчивость линейных систем | РД2, РД6, РД8 | 0 | 0 | 0 | 10 | Тест |
| 7 | Частотный критерий Найквиста | РД2, РД6, РД8 | 0 | 0 | 0 | 10 | Тест |
| 8 | Качество и точность систем управления | РД2, РД6, РД8, РД9 | 2 | 0 | 0 | 10 | Тест |
| 9 | Метод пространства состояний | РД1, РД5 | 0 | 0 | 0 | 10 | Тест |
| 10 | Дискретные системы управления | РД1 | 0 | 0 | 0 | 5 | Тест |
| 11 | Синтез регуляторов и моделирование систем | РД3, РД4, РД7, РД8, РД9 | 0 | 2 | 0 | 5 | Тест |
| **Итого по таблице** | | | **8** | **4** | **0** | **95** | |

### 4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ЗФО

*Тема 1 Введение в теорию автоматического управления.*

Содержание темы: Основные понятия и принципы автоматического управления. Структура и функциональная схема СУ. Классификация СУ: разомкнутые и замкнутые, стабилизация, слежение, программное управление. Примеры систем из области мехатроники и автоматизации производств.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Самостоятельная работа студента.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками литературы.

*Тема 2 Математическое описание элементов СУ.*

Содержание темы: Задачи моделирования. Уравнения динамики и статики. Нелинейные модели и линеаризация в окрестности рабочей точки. Примеры моделей механических, электрических и электромеханических объектов.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Самостоятельная работа студента.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками литературы.

*Тема 3 Передаточные функции и типовые динамические звенья.*

Содержание темы: Преобразование Лапласа, операторный метод. Понятие передаточной функции. Классификация типовых звеньев, их временные характеристики. Передаточные функции типовых регуляторов (П, И, ПИ, ПД, ПИД).

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекция, СРС.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками литературы.

*Тема 4 Структурные схемы и частотные характеристики.*

Содержание темы: Структурные схемы, правила их преобразования. Последовательное, параллельное и встречно-параллельное соединения. Частотные характеристики звеньев и систем, годограф АФЧХ. ЛАЧХ и ЛФЧХ, асимптотические характеристики.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекция, СРС.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками литературы.

*Тема 5 Динамические характеристики систем.*

Содержание темы: Переходные характеристики систем. Связь временных и частотных характеристик. Построение частотных характеристик типовых СУ с использованием логарифмических характеристик.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекция, практическая работа, СРС.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками литературы.

*Тема 6 Устойчивость линейных систем.*

Содержание темы: Понятие устойчивости, условия устойчивости. Критерий Гурвица, критерий Михайлова. Границы устойчивости, влияние параметров на устойчивость (D-разбиение).

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Самостоятельная работа студентов.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками литературы.

*Тема 7 Частотный критерий Найквиста.*

Содержание темы: Критерий Найквиста для устойчивых и неустойчивых разомкнутых систем. Запасы устойчивости по модулю и фазе. Анализ устойчивости по ЛАЧХ.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: СРС.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками литературы.

*Тема 8 Качество и точность систем управления.*

Содержание темы: Понятие качества управления, показатели переходного процесса: перерегулирование, время регулирования, степень колебательности. Ошибки установившихся режимов, коэффициенты ошибок, астатизм. Случайные воздействия.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекция, СРС.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками литературы.

*Тема 9 Метод пространства состояний.*

Содержание темы: Описание систем в пространстве состояний, собственные значения матрицы состояния и устойчивость. Наблюдаемость и управляемость. Связь с передаточной функцией. Линеаризация моделей в пространстве состояний.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Самостоятельная работа студентов.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками литературы.

*Тема 10 Дискретные системы управления.*

Содержание темы: Общая схема цифровой системы управления. Z-преобразование, разностные уравнения, дискретные передаточные функции. Устойчивость дискретных систем.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Самостоятельная работа студентов.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками литературы.

*Тема 11 Синтез регуляторов и моделирование систем.*

Содержание темы: Постановка задачи синтеза. Последовательная и параллельная коррекция. Методики настройки П-, ПИ-, ПИД-регуляторов по заданным требованиям к качеству. Проверка синтезированного регулятора моделированием в среде MATLAB/Simulink (или Mathcad).

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Практическая работа, СРС.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками литературы.

## 5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)

### 5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы

Дисциплина осваивается через сочетание лекций, практических занятий и СРС. На лекциях формируется теоретическая база, на практических занятиях методы закрепляются решением типовых задач, СРС включает проработку лекций и решение задач по изучаемым темам.

### 5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

## 6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

## 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### *7.1 Основная литература*

1. Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 309 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-21250-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/569369 (дата обращения: 01.09.2025).
2. Сеславин, А. И. Теория автоматического управления. Линейные, непрерывные системы : учебник / А.И. Сеславин. — Москва : ИНФРА-М, 2026. — 314 с. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/1014654. - ISBN 978-5-16-021016-2. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2210897 (дата обращения: 31.05.2026)
3. Ягодкина, Т. В. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Т. В. Ягодкина, В. М. Беседин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 461 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19566-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/556659 (дата обращения: 01.09.2025).

### *7.2 Дополнительная литература*

1. Аббасова Т. С., Аббасов Э. М. Теория автоматического управления : Учебники и учебные пособия для вузов [Электронный ресурс] - Москва|Берлин : Директ-Медиа , 2020 - 62 - Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=594520

2. Зиссер, Я. О. Теория автоматического управления: практикум : учебное пособие / Я. О. Зиссер, Е. В. Файман. — Хабаровск : ДВГУПС, 2023. — 74 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/433559 (дата обращения: 25.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### *7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):*

1. Образовательная платформа "ЮРАЙТ"
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - Режим доступа: https://biblioclub.ru/
3. Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM"
4. Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ"
5. Open Academic Journals Index (OAJI). Профессиональная база данных - Режим доступа: http://oaji.net/
6. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: https://www.prlib.ru/
7. Информационно-справочная система "Консультант Плюс" - Режим доступа: http://www.consultant.ru/

## 8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

Основное оборудование:

- Мультимедийный проектор №3 Casio XJ-M146
- Облачный монитор LG Electronics черный +клавиатура+мышь
- Принтер HP LaserJet P1018
- Принтер HP LaserJet P1505
- Шкаф настенный 19", 6U,312x600x400,со стеклянной дверью

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat X Pro
- Microsoft OfficeProffessionalPlus 2019 Russian