Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Министерство науки, высшего образования и инноваций
Кыргызской Республики

Межгосударственная образовательная организация высшего образования Кыргызско-Российский Славянский университет

имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

Высшая школа Природопользования, мехатроники и транспорта

Фонд
оценочных средств

по дисциплине «Управление механическими системами»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки 15.03.03 — РФ, 650500 — КР
ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Квалификация

бакалавр

2026 г.

Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний обучающихся по направлению подготовки 15.03.03 — РФ, 650500 — КР «Прикладная механика», профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг», по программе бакалавриата КРСУ в соответствии с ФГОС 3++ по дисциплине «Управление механическими системами».

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден на заседании

Высшей школы Природопользования, мехатроники и транспорта

протокол № 1 от «2 » сентября 2026 г.

Руководитель подразделения

_____ Алсеитов Мирлан Тилегенович
подпись *расшифровка подписи*

Исполнители:
к.ф.-м.н. _____ Герман Константин Анатольевич
должность *подпись* *расшифровка подписи*

к.т.н. _____ Джаманкулов Азамат Кенешбекович
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Заместитель директора по образовательной деятельности
Политехнического института

_____ Комарцов Никита Михайлович
личная подпись расшифровка подписи

Содержание

1 Перечень компетенций и этапы их формирования
2 Технологическая карта дисциплины
3 Типовые контрольные задания и оценочные материалы
4 Процедуры и критерии оценивания
5 Методические указания для обучающихся

Сведения о дисциплине

Показатель	Сведения
Направление и профиль	15.03.03 — РФ, 650500 — КР, «Прикладная механика». Профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг». Бакалавриат, очная форма.
Учебный план	Б1.В.1.ДВ.07. 3-й курс, 5-й семестр. Трудоёмкость 144 академических часа, 4 ЗЕТ.
Аттестация	Экзамен. Курсовые и лабораторные работы не предусмотрены.
Разработчики	к.ф.-м.н. Герман Константин Анатольевич, к.т.н. Джаманкулов Азамат Кенешбекович, составители РПД.
Основания	РПД от 03.09.2026. Учебный план от 26.06.2026, протокол № 11. Одобрение РПД от 02.09.2026, протокол № 1.

1 Перечень компетенций и этапы их формирования

ПК-1. Способность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчётные и экспериментальные методы исследования, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.

Этап	Результаты РПД и проверяемое действие	Оценочные средства
Лекции 1–3	3.1.1–3.1.3, 3.1.5, 3.2.1–3.2.2, 3.3.1. Ставит задачу, строит модель и замыкает обратную связь.	В1–В6, тест 1–3, ПР1–ПР3, Т1–Т2.
Лекции 4–6	3.1.4, 3.2.3, 3.3.2. Оценивает качество, устойчивость и частотные запасы.	В7–В12, тест 4–6, ПР4–ПР6, Т3–Т5.
Лекции 7–10	3.1.5–3.1.6, 3.2.4–3.2.5, 3.3.3–3.3.4. Рассчитывает регулятор и наблюдатель.	В13–В20, тест 7–10, ПР7–ПР10, Т6–Т10.
Лекции 11–12	3.1.7, 3.2.6–3.2.7, 3.3.5–3.3.6. Проверяет цифровую модель и объясняет отклонения.	В21–В24, тест 11–12, ПР11–ПР12, Т11–Т12, индивидуальное задание.

2 Технологическая карта дисциплины

Раздел и вид работы	Лекции	Практика	СРС	Иная контактная	Контроль
1. Модели, динамика и устойчивость	12	12	29	—	—
2. Синтез и проверка систем управления	12	12	33	—	—
Консультации и приём заданий, тема 2.14	—	—	—	2	—
Экзаменационная сессия, тема 2.15	—	—	—	0,3	31,7
Итого, академические часы	24	24	62	2,3	31,7

Аудиторная работа — 48 ч, контактная работа всего — 50,3 ч, общая трудоёмкость — 144 ч. Индивидуальное задание выполняется в часы СРС и защищается в пределах предусмотренного приёма заданий.

Проект распределения баллов

Средство	Срок и способ проверки	Макс.
Практические работы	ПР1–ПР12. Расчёт, отчёт и объяснение результата. По 3 балла.	36
Тематический тест	После завершения тем курса, в пределах практики. 12 ответов по 1 баллу.	12
Индивидуальное задание	Вторая половина семестра. Расчёт, моделирование и защита.	12
Текущий контроль	Сумма трёх позиций.	60
Экзамен	Два вопроса по 10 баллов и задача на 20 баллов.	40
Семестровый рейтинг	Сумма текущего и экзаменационного баллов.	100

Опрос и самостоятельные тренировочные задачи используются для обратной связи. Баллы за СРС учитываются в проверяемых работах.

3 Типовые контрольные задания и оценочные материалы

Вопросы для текущего контроля

В1. Чем отличаются задание, управление и внешнее возмущение в системе позиционирования платформы?

В2. Какие измеримые требования нужно задать до выбора регулятора и как связать их с ограничениями привода?

В3. Как вывести уравнение системы масса — пружина — демпфер и проверить размерности его членов?

В4. Как выбираются равновесие и переменные отклонения при линеаризации механической системы?

В5. Почему передаточную функцию выводят при нулевых начальных условиях?

В6. Как получить передаточные функции замкнутой системы по заданию и по внешней силе?

В7. Как полюса второго порядка определяют колебательность и скорость затухания?

В8. Как измеряются время установления и перерегулирование и какие условия нужно указать?

В9. Как связаны корни характеристического полинома и асимптотическая устойчивость?

В10. Какие неравенства Гурвица требуется проверить для полинома третьего порядка?

В11. Что означают частота среза и запас по фазе и где они определяются?

В12. Почему запаздывание и неучтённая упругая мода ограничивают полосу регулирования?

В13. Как обратная связь по положению меняет эффективную жёсткость объекта?

В14. Как обратная связь по скорости меняет демпфирование и максимальное усилие?

В15. Когда интегральное действие устраняет постоянную ошибку и почему оно может ухудшить устойчивость?

В16. Что происходит с интегратором при насыщении и как действует условное интегрирование?

В17. Как построить матрицы состояния из уравнения движения и выбрать измеряемый выход?

В18. Как проверить управляемость и наблюдаемость системы второго порядка?

В19. Как рассчитываются обратная связь по состоянию и предкомпенсатор для постоянного задания?

В20. Каким уравнением описывается ошибка наблюдателя и как влияет измерительный шум?

В21. Как различаются период дискретизации регулятора и шаг численного интегрирования объекта?

В22. Где должны лежать полюса устойчивой дискретной системы и как они связаны с непрерывными?

В23. Как отличить ошибку модели от погрешности численного интегрирования?

В24. Какие расчётные сценарии нужны для проверки изменения нагрузки, параметров и ограничения усилия?

Тематический тест

Выберите один ответ на каждый вопрос. Время — 20 минут. Используйте обозначения m, b и k для массы, коэффициента вязкого сопротивления и жёсткости.

1. Какой сигнал является управлением при силовом приводе платформы?

А. Координата платформы Б. Сила привода В. Ошибка датчика Г. Масса платформы.

2. Какова W(s) от силы к перемещению для $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = u$ при нулевых начальных условиях?

А. ms^2+bs+k Б. $1/(ms+b)$ В. $1/(ms^2+bs+k)$ Г. $s/(ms^2+bs+k)$.

3. Какова замкнутая передаточная функция при единичной отрицательной обратной связи и разомкнутой L(s)?

А. $L/(1+L)$ Б. $L/(1-L)$ В. $1+L$ Г. $1/L$.

4. Какой набор полюсов соответствует асимптотически устойчивой непрерывной системе?

А. 0 и −2 Б. 1 и −3 В. $\pm 2j$ Г. $-1\pm 2j$.

5. При каких K полином s^3+3s^2+2s+K является гурвицевым?

А. $K>6$ Б. $0<K<6$ В. $K<0$ Г. $K=6$.

6. Как чистое запаздывание $\exp(-s\tau)$ влияет на частотный отклик?

А. Увеличивает амплитуду в τ раз Б. Не меняет фазу В. Добавляет фазу $-\omega\tau$ радиан без изменения модуля Г. Всегда стабилизирует контур.

7. Как влияет $u = -Kd\,\dot{x}$ при $Kd>0$ на $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = u$?

А. Увеличивает эффективное демпфирование до $b+Kd$ Б. Уменьшает массу В. Убирает жёсткость Г. Увеличивает задание.

8. Когда интегральная составляющая гарантирует нулевую постоянную ошибку в рассматриваемом линейном контуре?

А. При любой структуре Б. Только при $Kp=0$ В. Только при насыщении Г. При устойчивом контуре и совместимом постоянном режиме без насыщения.

9. Какое условие управляемости системы второго порядка является верным?

А. $\det(A)=0$ Б. $\operatorname{rank}[B\ AB]=2$ В. $C=B$ Г. Все элементы A положительны.

10. Какая матрица задаёт динамику ошибки наблюдателя Люенбергера?

А. $A+BK$ Б. $A-BK$ В. $A-LC$ Г. $C-LA$.

11. Где лежат полюса асимптотически устойчивой дискретной линейной системы?

А. Внутри единичного круга Б. На единичном круге В. Только на мнимой оси Г. В правой полуплоскости.

12. Какой результат подтверждает воспроизводимость моделирования?

А. Только рисунок траектории Б. Только название среды В. Только заявление об устойчивости Г. Файлы модели, параметры, начальные условия и настройки расчёта.

Банк расчётных заданий T1–T6

Начальные условия нулевые, если в задании не указано иное. Приведите расчёт и независимую проверку.

T1 Построение модели

Система $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = u$: $m=2$ кг, $b=4$ Н·с/м, $k=8$ Н/м. Получить $W(s)$, матрицы состояния для $z=[x, \dot{x}]^T$, $y=x$ и полюса. Объяснить физический смысл каждого члена.

T2 Линеаризация маятника

Для $J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + mgl\sin\theta = u$ заданы $J=0{,}5$ кг·м², $b=0{,}2$ Н·м·с/рад, $mgl=4{,}905$ Н·м. Найти равновесие при $\theta_0=\pi/6$, требуемый u_0 и передаточную функцию по малым отклонениям.

T3 Переходный процесс

Для нормированной замкнутой системы $W(s)=9/(s^2+4s+9)$ определить ω_n, ζ, полюса, перерегулирование и приближённое время установления в полосе ±2%.

T4 Параметрическая устойчивость

Характеристический полином замкнутой системы $p(s)=s^3+3s^2+2s+K$. Найти область асимптотической устойчивости и объяснить случаи $K=0$ и $K=6$.

T5 Частотный запас

Для $L(s)=2/[s(s+1)]$ при единичной отрицательной обратной связи найти частоту среза и запас по фазе. Оценить предельную дополнительную чистую задержку по фазовому запасу.

T6 Синтез ПД регулятора

Для $2\ddot{x}+4\dot{x}+8x=u$ принять $u=K_p(r-x)-K_d\dot{x}$. Требуется характеристический полином с $\omega_n=3$ рад/с, $\zeta=2/3$. Найти K_p, K_d и установившееся x при $r=1$ м.

Банк расчётных заданий Т7–Т12

Т7 ПИД регулятор и устойчивость

Для объекта $W(s)=1/(s^2+2s+5)$ и идеального регулятора $C(s)=Kp+Ki/s+Kd\,s$ заданы $Kp=4$, $Kd=1$. Найти допустимый Ki для асимптотической устойчивости, затем выбрать $Ki=3$ и проверить условие.

Т8 Управляемость и наблюдаемость

Заданы $A=[[0,1],[-4,-2]]$, $B=[0;\ 0.5]$, $C=[1,0]$. В записи матриц точка обозначает десятичный разделитель, точка с запятой разделяет строки. Построить матрицы управляемости и наблюдаемости и определить их ранги.

Т9 Обратная связь по состоянию

Для $A = [[0,1],[-4,-2]]$ и столбца $B = (0;\ 0,5)^T$, $C=[1,0]$ найти $u=-Kz+Nr$ так, чтобы полюса были -2 и -3, а $x_\infty=r$ при постоянном r и номинальных параметрах.

Т10 Наблюдатель состояния

Для $A = [[0,1],[-4,-2]]$, $B = (0;\ 0,5)^T$ и $C=[1,0]$ найти $L=[l_1,l_2]^T$, обеспечивающий полюса ошибки наблюдателя -6 и -7. Записать наблюдатель при известном u и измеренном y.

Т11 Дискретная модель

Объект $\dot{x}=-2x+u$, $y=x$. При $T=0,1$ с и постоянном u на каждом такте найти A_d, B_d и установившийся выход при $u[k]=1$. Сравнить с явным методом Эйлера.

Т12 Проверка реализуемости

Платформа описывается $2\ddot{x}+4\dot{x}+8x=u$, $|u|\le 10$ Н. Требуется удерживать $x=1$ м при постоянной дополнительной силе $d=-3$ Н, приложенной справа как $u+d$. Определить достижимость режима и объяснить поведение ПИ-регулятора без защиты интегратора.

Практические работы ПР1–ПР6

Каждая работа рассчитана на 2 академических часа. К расчёту приложите схему, исходные данные, файлы или проверяемую запись расчёта и вывод.

ПР1 Постановка задачи управления платформой · тема 1.2

Для платформы из Т1 задайте канал привода и датчик положения. Задание r = 0,1 м, внешняя сила d = −1 Н. Постройте схему с единичной отрицательной связью и запишите требования по ошибке, быстродействию и усилию по индивидуальному заданию, вариант 1. Проверьте статическую достижимость.

ПР2 Построение и линеаризация модели · тема 1.4

Решите Т2. Сравните линейную добавку восстанавливающего момента с точной при отклонениях +0,05 и +0,20 рад. Укажите, на каком отклонении относительное расхождение больше.

ПР3 Передаточные функции и обратная связь · тема 1.6

Объект Т1. Управление u = 10(r−x), внешняя сила входит как u+d. Найдите передаточные функции X/R и X/D, установившееся x при r = 0,1 м, d = −1 Н. Сверьте результат с уравнением равновесия.

ПР4 Переходный процесс и ошибка · тема 1.8

Решите Т3. Постройте отклик на единичную ступень, измерьте перерегулирование и фактическое время установления в полосе ±2 %. Сравните с аналитическими оценками.

ПР5 Область устойчивости · тема 1.10

Решите Т4. Вычислите корни для K = 3, 6 и 8, сопоставьте результат с критерием. Объясните различие между границей и устойчивым режимом.

ПР6 Частотный анализ контура · тема 1.12

Решите Т5. Постройте ЛАЧХ и ЛФЧХ. Сравните запас по фазе без задержки и при τ = 0,3 с. Укажите, что происходит с модулем и частотой среза.

Практические работы ПР7–ПР12

ПР7 Синтез П и ПД регуляторов · тема 2.2

Решите Т6. Сравните П и ПД при одном и том же Kp, r = 0,1 м, нулевом возмущении и нулевых начальных условиях. Проверьте полюса, ошибку и максимум |u(t)| за 0–8 с при пределе 10 Н.

ПР8 ПИД и ограничение усилия · тема 2.4

Для платформы Т1 сравните ПИ $u^* = 12(r-x)+12\eta$ и ПИД с теми же Kp и Ki и с производной по измерению $-4\dot{x}$. Здесь $\dot{\eta} = r-x$. Используйте r = 0,2 м, $|u| \le 2{,}5$ Н и d = −1 Н на интервале $5 \le t < 8$ с. Для ПИД сравните обычное и условное интегрирование. Выведите графики η и u.

ПР9 Управляемость и наблюдаемость · тема 2.6

Решите Т1 и Т8. Повторите проверку наблюдаемости при измерении только скорости C = [0,1]. Назовите физическую причину результата.

ПР10 Обратная связь по состоянию и наблюдатель · тема 2.8

Решите Т9 и Т10. При r = 0,1 м, $z(0) = (0,0)^T$ и $\hat{z}(0) = (0{,}1\text{ м};\ 0)^T$ сравните действительную и оценённую скорость при управлении по оценке. Повторите расчёт с шумом положения $0{,}001\cdot\sin(20t)$ м, поданным только на измеритель наблюдателя.

ПР11 Цифровой ПИ регулятор · тема 2.10

Для объекта Т11 реализуйте $u[k] = (r-x[k])+2\eta[k]$, $\eta[k+1] = \eta[k]+T(r-x[k])$, r = 1. Используйте точный экстраполятор нулевого порядка. Сравните T = 0,1 и 0,25 с без задержки и при задержке подачи вычисленного управления на один такт. Начальные состояния и задержанное управление нулевые.

ПР12 Комплексная проверка · тема 2.12

Используйте выбранный вариант индивидуального задания и одну фиксированную настройку. Сравните исходную массу и отклонения ±20 %. Составьте таблицу показателей качества и пикового усилия. Покажите проверку численной погрешности и объясните ограничения модели.

Индивидуальное расчётно-моделирующее задание

Исследуйте позиционирование платформы $m\ddot{x}+b\dot{x}+kx=u+d$ при ограничении $|u|\le u_{макс}$. Выберите вариант по указанию преподавателя.

Вар.	m, кг	b, Н·с/м	k, Н/м	uмакс, Н	r, м	d, Н
1	2	4	8	10	0,1	-1
2	3	6	12	15	0,1	-1,5
3	1	2	6	8	0,1	-0,8
4	4	8	16	20	0,1	-2

Получите передаточную функцию и модель состояния, проверьте достижимость равновесия, настройте ПД-регулятор по выбранным полюсам и обоснуйте настройку. Добавьте интегральное действие и защиту от накопления при насыщении. Сравните варианты регулятора.

Подайте ступень r в t=0 и силу d в t=5 с. Начальные условия нулевые, расчёт ведите минимум до t=12 с. При номинальной массе и отклонениях ±20 % сохраняйте b, k и коэффициенты настройки. Сравните ошибку, перерегулирование и время входа в полосу ±2 % задания. Отдельно определите время восстановления после t=5 с и максимум |u|.

Цели до возмущения: перерегулирование до 10 %, время установления до 3 с. Установившаяся ошибка в обоих режимах — до 1 % задания. Укажите базу расчёта выброса. Для недостижимой цели обоснуйте причину и предложите изменение конструкции, алгоритма или требования.

Отдельно исследуйте задержку и шум датчика. Укажите величину задержки, способ формирования и амплитуду шума. Сохраните файлы, настройки интегрирования и графики x(t), r−x(t), u(t). В таблице приведите показатели всех сценариев и сформулируйте вывод.

Теоретические вопросы к экзамену

А1. Постановка задачи управления механическим объектом и обоснование границ модели.

А2. Вывод уравнений движения, выбор равновесия и линеаризация.

А3. Передаточные функции и структурные преобразования систем с обратной связью.

А4. Переходные процессы второго порядка, показатели качества и установившаяся ошибка.

А5. Устойчивость непрерывных систем и параметрический анализ по критерию Гурвица.

А6. Частотные характеристики, запасы устойчивости и влияние задержки.

А7. Синтез ПД-регулятора по заданным полюсам и ограничения управляющего усилия.

А8. Интегральное действие, настройка ПИД-регулятора и anti-windup.

А9. Пространство состояний, управляемость и наблюдаемость механической модели.

А10. Обратная связь по состоянию, предкомпенсатор и наблюдатель.

А11. Дискретизация механического объекта и реализация цифрового регулятора.

А12. Верификация компьютерной модели и оценка чувствительности результатов.

Экзаменационные билеты 1–3

Каждый билет содержит два вопроса и расчётную задачу. Уточняющий вопрос входит в оценку соответствующего пункта.

Билет 1

1. Постановка задачи управления механическим объектом и обоснование границ модели.

2. Синтез ПД-регулятора по заданным полюсам и ограничения управляющего усилия.

3. Для $2\ddot{x}+4\dot{x}+8x=u$ принять $u=K_p(r-x)-K_d\,\dot{x}$. Требуется характеристический полином с $\omega_n=3$ рад/с, $\zeta=2/3$. Найти K_p, K_d и установившееся x при $r=1$ м.

Билет 2

1. Вывод уравнений движения, выбор равновесия и линеаризация.

2. Интегральное действие, настройка ПИД-регулятора и anti-windup.

3. Для объекта $W(s)=1/(s^2+2s+5)$ и идеального регулятора $C(s)=K_p+K_i/s+K_d\,s$ заданы $K_p=4$, $K_d=1$. Найти допустимый K_i для асимптотической устойчивости, затем выбрать $K_i=3$ и проверить условие.

Билет 3

1. Передаточные функции и структурные преобразования систем с обратной связью.

2. Пространство состояний, управляемость и наблюдаемость механической модели.

3. Заданы $A=[[0,1],[-4,-2]]$, $B=[0;\ 0.5]$, $C=[1,0]$. В записи матриц точка обозначает десятичный разделитель, точка с запятой разделяет строки. Построить матрицы управляемости и наблюдаемости и определить их ранги.

Экзаменационные билеты 4–6

Билет 4

1. Переходные процессы второго порядка, показатели качества и установившаяся ошибка.

2. Обратная связь по состоянию, предкомпенсатор и наблюдатель.

3. Для $A = [[0,1],[-4,-2]]$ и столбца $B = (0;\ 0{,}5)^{T}$, $C=[1,0]$ найти $u=-Kz+Nr$ так, чтобы полюса были -2 и -3, а $x_\infty=r$ при постоянном r и номинальных параметрах.

Билет 5

1. Устойчивость непрерывных систем и параметрический анализ по критерию Гурвица.

2. Дискретизация механического объекта и реализация цифрового регулятора.

3. Объект $\dot{x}=-2x+u$, $y=x$. При $T=0{,}1$ с и постоянном u на каждом такте найти A_d, B_d и установившийся выход при $u[k]=1$. Сравнить с явным методом Эйлера.

Билет 6

1. Частотные характеристики, запасы устойчивости и влияние задержки.

2. Верификация компьютерной модели и оценка чувствительности результатов.

3. Для $L(s)=2/[s(s+1)]$ при единичной отрицательной обратной связи найти частоту среза и запас по фазе. Оценить предельную дополнительную чистую задержку по фазовому запасу.

4 Процедуры и критерии оценивания

Средство	Распределение баллов
Практическая, 3	По 1 баллу за верную модель и расчёт, проверяемый результат с единицами, самостоятельное объяснение и ограничения. По каждому признаку 0 или 1.
Тест, 12	1 балл за правильный ответ, 0 за неверный или пропущенный.
Индивидуальная, 12	Модель 3, настройка 3, сценарии и воспроизводимость 4, инженерный вывод 2.
Вопрос экзамена, 10	Понятия и применимость 4, логика и формулы 3, пример 2, уточнение 1.
Задача экзамена, 20	Схема и модель 4, метод 4, вычисления 6, проверка 3, интерпретация 3.

В задаче полный балл по критерию соответствует завершённому решению. За локальную неточность снимается 1 балл, за существенный пробел при верном подходе начисляется половина максимума с округлением вниз. При ошибочной основе или отсутствии решения по критерию начисляется 0. Одну арифметическую ошибку учитывают один раз.

В индивидуальном задании полное выполнение даёт максимум по пункту, частичное — половину с округлением вниз, отсутствие или принципиальная ошибка — 0.

Проект процедуры экзамена предусматривает до 60 минут на письменную часть и до 10 минут на уточнение. Разрешён непрограммируемый калькулятор и согласованный лист формул. Процедура подлежит согласованию отдельно от контактных часов РПД.

Семестровый рейтинг S	Отметка
$85 \le S \le 100$	Отлично
$70 \le S < 85$	Хорошо
$60 \le S < 70$	Удовлетворительно
$0 \le S < 60$	Неудовлетворительно

Границы приведены по п. 3.3 Положения о ФОС КРСУ. Отдельный минимум 20 из 40 за экзамен, предложенный в материалах курса, вынесен на согласование. Например, 30 за практику, 9 за тест, 9 за индивидуальное задание и 30 за экзамен дают 78 баллов и отметку «хорошо».

5 Методические указания для обучающихся

Перед расчётом задайте физический объект, координаты, управление, возмущение и измеряемый выход. Проверьте размерности и рабочую точку. После расчёта проверьте полюса, пределы усилия и статическую достижимость.

Лекция	Самостоятельная работа	Часы
1	Схемы управления положением и скоростью механизма	4
2	Вывод и проверка уравнений движения выбранного объекта	6
3	Преобразование структурных схем и анализ каналов возмущения	4
4	Сравнение переходных процессов при разном демпфировании	5
5	Параметрический анализ устойчивости	5
6	Частотные характеристики и действие задержки	5
7	Сравнение настроек П и ПД регуляторов	6
8	Подавление постоянной нагрузки ПИ и ПИД регуляторами	6
9	Управляемость и наблюдаемость механических моделей	5
10	Оценивание скорости и сравнение обратных связей	6
11	Сравнение непрерывной и цифровой реализаций	5
12	Систематизация результатов моделирования и подготовка выводов	5

Для моделирования используйте одну доступную расчётную среду. Фиксируйте параметры, начальные условия, допуски и шаг вывода. Для цифрового регулятора отдельно указывайте период обновления и задержку. Повторите расчёт с меньшим шагом и объясните расхождения.

При подготовке к экзамену повторите вопросы A1–A12 и задачи T1–T12. Для каждого решения объясните выбор модели, проверку и пределы применимости.